

LASER ANNEALING METHOD

Publication number: JP8148423 (A)

Publication date: 1996-06-07

Inventor(s): SASAGAWA TOMOHIRO; FUJIKAWA SHUICHI; SUZUKI AKIHIRO; INOUE MITSUO; HARUTA TAKEO; YAGI SHIGENORI; GOTO YOSHIYUKI; YOSHIDA KAZUO

Applicant(s): MITSUBISHI ELECTRIC CORP

Classification:

- **international:** G02B5/32; G02F1/136; G02F1/1368; H01L21/20; H01L21/268; H01L21/336; H01L29/786; G02B5/32; G02F1/13; H01L21/02; H01L29/66; (IPC1-7): H01L21/20; G02B5/32; G02F1/136; H01L21/268

- **European:**

Application number: JP19940285471 19941118

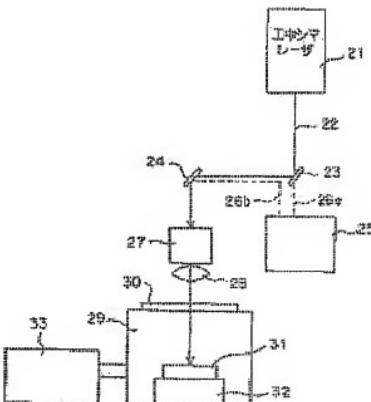
Priority number(s): JP19940285471 19941118

Also published as:

JP3388042 (B2)

Abstract of JP 8148423 (A)

PURPOSE: To obtain a method for laser annealing which can form a polysilicon layer of uniform crystallinity. **CONSTITUTION:** The beam sectional shape of a laser beam radiated from a laser oscillator 21 is shaped by beam shaping optical systems 27, 28 to generate a linear laser beam having a length longer than either longitudinal or lateral direction of a part to be polysilicized on the amorphous silicon film of a board 31 is the longitudinal direction of a rectangular shape. The laser beam is relatively moved on the part to be turned to polysilicon in the lateral direction of the beam, emitted to the entire area of the part to be turned to polysilicon.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-148423

(43)公開日 平成8年(1996)6月7日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 21/20				
G 02 B 5/32				
G 02 F 1/136	5 0 0			
H 01 L 21/268	Z			

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全30頁)

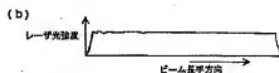
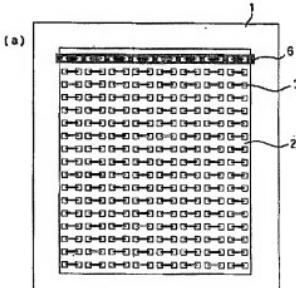
(21)出願番号	特願平6-285471	(71)出願人	00006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(22)出願日	平成6年(1994)11月18日	(72)発明者	笠川 智広 尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機 株式会社中央研究所内
		(72)発明者	藤川 周一 尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機 株式会社中央研究所内
		(72)発明者	鈴木 明弘 尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機 株式会社中央研究所内
		(74)代理人	弁理士 田澤 博昭 (外2名) 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザアニーリング方法

(57)【要約】

【目的】 均一な結晶性のポリシリコン層を形成できるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【構成】 ビーム整形光学系27、28により、レーザ発振器21から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形であってその長手方向において基板31のアモルファスシリコン上の被ポリシリコン化部の縦方向及び横方向のいずれか一方よりも長い長さを有する線状レーザビームを生成する。そして、線状レーザビームを該レーザビームの幅方向に被ポリシリコン化部上を相対的に移動させて照射し、被ポリシリコン化部の全域を照射する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成されたアモルファスシリコン膜をレーザ照射によりポリシリコン化するレーザアニーリング方法において、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であり、且つその長手方向において前記アモルファスシリコン膜上の被ポリシリコン化部の縦方向及び横方向のいずれか一方の長さよりも長い長さを有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップと、前記線状レーザビームを該レーザビームの幅方向に前記被ポリシリコン化部上を相対的に移動させて照射し、前記被ポリシリコン化部の全域を照射する照射ステップとを含むことを特徴とするレーザアニーリング方法。

【請求項 2】 基板上に形成されたアモルファスシリコン膜をレーザ照射によりポリシリコン化するレーザアニーリング方法において、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であり、且つその長手方向においてポリシリコン化により前記基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において前記薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップと、前記線状レーザビームを用いて薄膜トランジスタ形成部の一列分を一括照射する照射ステップとを含むことを特徴とする請求項 1に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項 3】 前記線状ビーム生成ステップにおいて、長手方向において前記基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において前記薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを複数生成し、前記照射ステップにおいて、前記複数の線状レーザビームを使用して薄膜トランジスタ形成部の複数列分を一括照射することを特徴とする請求項 1又は請求項 2に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項 4】 前記基板上に照射される前記線状レーザビームのパルス幅が 50 n s 以上であることを特徴とする請求項 2に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項 5】 50 n s 以上のパルス幅のレーザビームを生成するために、前記レーザ発振器から放射されたレーザビームを複数のレーザビームに分割し、該複数のレーザビームのうちの少なくとも 1 つのレーザビームを他のレーザビームに対して遅延させ、前記複数のレーザビームを重畠して前記基板上に照射する光学的遅延ステップをさらに含むことを特徴とする請求項 4 に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項 6】 前記レーザ発振器が、レーザ媒質としてのレーザガス中において相対して設けられた第 1 及び第

2 の主電極と、前記第 1 及び第 2 の主電極に並列に接続されたスパイカコンデンサと、前記第 1 及び第 2 の主電極にスイッチング素子を介して並列に接続されたサステイナコンデンサと、前記スパイカコンデンサを充電するスパイカ充電用電源と、前記サステイナコンデンサを充電するサステイナ充電用電源とを具備することを特徴とする請求項 4 に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項 7】 アモルファスシリコン膜をポリシリコン化するアニール用の前記レーザ発振器とは別に設けられた他のレーザ発振器を使用して、前記アモルファスシリコン膜又は前記基板を補助加熱する補助加熱ステップをさらに含んでおり、補助加熱用の前記他のレーザ発振器から放射されたレーザビームは、其手方向においてアニール用レーザビームの長さよりも大きな長さを有し、且つ幅方向においてアニール用レーザビームの幅よりも大きな幅を有しており、更に、アニール用レーザビームパルスの時間幅よりも長いバルス状のレーザビームか又は定常発振のレーザビームであり、前記補助加熱ステップにおいて同一の被ポリシリコン化部に対しアニール用及び補助加熱用レーザビームを同時に一括照射し、且つ補助加熱用のレーザビームの照射中にアニール用レーザビームの照射が完了することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項 8】 前記線状ビーム生成ステップにおいて、前記発振器から放射されたレーザビームを線状に整形すべく、遠視野で複数の点を少なくとも 1 つの直線上に任意の位相で結像するフーリエ変換型位相ホログラムを用いることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項 9】 前記フーリエ変換型位相ホログラムは、遠視野で複数の点を互いに平行な複数の直線上にそれぞれ任意の位相で結像する位相ホログラムであることを特徴とする請求項 8 に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項 10】 前記フーリエ変換型位相ホログラムによって結像される複数の点に相当する複数のレーザビームが前記アモルファスシリコン膜に対して實質的に垂直に入射すべく前記フーリエ変換型位相ホログラムの後方にレンズが設けられており、前記フーリエ変換型位相ホログラムが前記レンズの前側の焦点位置に配置されたことを特徴とする請求項 8 又は請求項 9 に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項 11】 前記線状ビーム生成ステップにおいて線状レーザビームを生成する前に、少なくとも該線状のレーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向にビーム幅を拡大するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 8 から請求項 10 のうちのいずれか一項に記載のレーザアニーリング方法。

【請求項 12】 前記レーザ発振器が、少なくとも線状レーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向に関するビーム発散角を低減するための不安定型共

振器を具備することを特徴とする請求項8から請求項10のうちのいずれか一項に記載のレーザアニーリング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、基板上に形成されたアモルファスシリコン膜をレーザ照射によりポリシリコン化するレーザアニーリング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図38は例えば特開平5-175235号公開公報に示された従来のレーザアニーリング方法を説明するための図であり、図において、1は駆動回路を作り込む部分、2は画素を作り込む部分、3は薄膜トランジスタ(TFT)形成部、11はレーザビームスポット、12はレーザビームの走査方向を示す矢印である。

【0003】半導体膜としてアモルファスシリコンを用いた薄膜トランジスタをスイッチング素子とする液晶ディスプレイが実用化されているが、高精細化に伴って画素サイズが小さくなってきており、薄膜トランジスタ部の占有面積を極力小さくするために、アモルファスシリコンをより動作速度の速いポリシリコンに置き換えるようとする開発が進んでいる。さらに、薄膜トランジスタを駆動する回路まで、ポリシリコンを用いた薄膜トランジスタを用いて形成していこうとしており、ポリシリコンが液晶ディスプレイにおけるキーマテリアルとなっている。

【0004】ポリシリコン層を得る手段として、図38に示したようなガラス基板等の基板上に形成されたアモルファスシリコン層をレーザでアニーリングし、溶融再結晶化する方法が有り、全体を高温に加熱する必要がないため、安価なガラスを基板として用いることができる方法として期待されている。

【0005】アモルファス層全域を一度に照射するには、極めて大きなレーザ出力が必要となるため、従来は矩形ビームをステップ毎に重ねあわせて照射して全域をアニーリングする手法がとられてきた。しかし、重ねあわせの部分とそれ以外の部分で結晶性が異なり、これをベースに構成される薄膜トランジスタの特性が均一でなくなるため液晶画面にムラが生じるなどの問題点があつた。

【0006】一方、レーザの必要出力を少しでも少なくする方法として、図38に示したように、アモルファス層全域ではなく薄膜トランジスタを形成する部分のみを照射する方法が提案されている。

【0007】次に動作について説明する。図38から明らかのように、薄膜トランジスタが形成される部分は幅数μm～数十μmで一列に並んでおり、このような列が数百列並ぶ構成となっている。ポリシリコンが必要な所は当該部分のみであるので、レーザ発振器から放射され

た点状のガウショナルーザビームはビームホモジナイザで整形された後、1つの薄膜トランジスタの幅より大きい幅を有した均一な強度分布を有するレーザビームが当該薄膜トランジスタが形成される部分に限定して照射される。これにより、レーザ出力は少なくてすむと言うわけである。また、薄膜トランジスター列別のレーザアニーリングは、図38に示すように矢印12で示す薄膜トランジスター列の長手方向にレーザ光を走査することにより達成される。尚、レーザ光を走査するのに代わって、基板をステージ等により矢印12とは逆方向に並進移動させてよい。

【0008】図39は例えば電子情報通信学会論文誌1993/5 Vol. 176-C-1 INo. 5, p 241-248に示されている従来の他のレーザアニーリング方法を説明するための構成図であり、図において、21はレーザ発振器、22はレーザ発振器21から放射されたレーザ光、23はレーザ光路のX軸を調整する反射ミラー、24はレーザ光路のY軸を調整する反射ミラー、25は反射ミラー23、24を制御するモータコントロールシステム、26a、26bはモータコントロールシステム25と反射ミラー23、24を接続する信号線、27はビームホモジナイザ、29は真空チャンバ、30は真空チャンバ29に設けられた窓、31はアニーリング加工対象物、19はヒータ、33は真空ポンプである。

【0009】次に動作について説明する。アニーリング用レーザ発振器21としては例えばエキシマレーザが用いられる。図39に示した従来例の場合、Ar Fエキシマレーザが用いられており、レーザ光のパルス幅は1.7nsである。図40はレーザ発振パルス波形の一例を示す図である。レーザ光のパルス幅はレーザ発振パルス波形の半値幅で定義している。以下、この明細書において、レーザ光のパルス幅はレーザ発振パルス波形の半値幅であるとする。レーザ発振器21から射出されたレーザ光22は反射ミラー23、24により偏光、走査され、ビームホモジナイザ27により約3mm角の領域にビーム強度の均一化を行なった後、窓30を通じて真空チャンバ29内のアニーリング加工対象物31に照射される。尚、真空チャンバ29内は真空ポンプ33により 1×10^{-6} Pa以下の圧力に保たれる。

【0010】レーザ光が照射されるとアニーリング加工対象物31の表面の温度が急上昇し、溶融する。そしてアニーリング加工対象物31に到達するレーザ光が途絶えるとアニーリング加工対象物31の表面温度が低下し、この過程で表面の結晶化が起こる。薄膜トランジスタ形部のアニーリング加工では、基板上に形成されたアモルファスシリコン膜にレーザ光を照射してこの部分を溶融し、その冷却過程でポリシリコンの結晶を成長させる。得られた結晶の粒塊が大きい程この部分の電子移動度が高くなり、製作する薄膜トランジスタの動作速度

が速くなる。それ故、薄膜トランジスタ形成部のアニーリング加工では、粒塊の大きなポリシリコン結晶を得ることが課題となっている。

【0011】また、溶融再結晶時のポリシリコン結晶の粒塊サイズは、溶融後の温度低下速度が遅く結晶化のための時間を長く取るほど大きくなる傾向がある。従って、レーザ光を用いたアモルファスシリコンのアニーリングにおいて、アモルファスシリコンが一旦溶融し再結晶化する際の温度低下速度を低減することにより、粒塊が大きく電子移動度の高いポリシリコン層を形成することができる。このため、單一のレーザ光を用いた従来のレーザアニーリング方法においては、アニーリング加工対象物3.1であるアモルファスシリコン薄膜を形成した基板全体をヒータ1.9で加熱することにより温度低下速度の低減を図っていた。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】従来のアニーリング方法は以上のように構成されているので、アモルファスシリコンが溶融し再結晶化した再結晶化部内に溶融部の流動により生じた波紋状の不均一性層が混入してしまい、特性の掛った薄膜トランジスタが形成されないという問題点があった。図4.1は例えば特開平5-175235号公開公報に開示されたレーザアニーリング方法等による照射結果を示している。このように、従来はレーザビームを走査して薄膜トランジスター列分のアニーリングを行っているので、溶融部の流動により生じた波紋状の不均一性層5が再結晶化部4内に混入してしまうという問題点があった。

【0013】また、レーザ発振パルス幅の短いパルスレーザを用いた従来のレーザアニーリング方法では、発振停止後の溶融部温度低下速度が大きく、それ故、粒塊が大きく電子移動度の高いポリシリコン結晶が得られないという問題点があった。特に、エキシマレーザ光を長い細線ビームとして用いている場合、市販のエキシマレーザの発振パルス幅が10～20nsと非常に短いのに加えて、加工対象物表面にてビーム照射部と非照射部との境界領域が長いことにより熱拡散が大きいので、この問題点が顕著に現われていた。

【0014】さらに、基板の加熱に使用するヒータはヒュール熱を利用しておらず、熱伝導により基板全体の温度を一様に上昇させてなくてはならないため、目的の温度に到達するまでに時間を要するという問題点があった。また、基板全体を加熱しなければならぬため、ポリシリコン化を要するトランジスタ形成部以外の領域において不要な熱が消費されるという問題点があった。

【0015】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、薄膜トランジスタが形成される部分近傍をアニーリング対象領域とすべく線状レーザビームを生成し、これにより該領域において均一な結晶性のポリシリコン層を形成できるレーザアニーリング方法

を得ることを目的とする。

【0016】また、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において線状レーザビームの重なりを防止して画素一列分を一括して照射し、均一な結晶性のポリシリコン層を形成できるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0017】また、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において線状レーザビームの重なりを防止して画素複数列分を一括して照射し、加工速度を上げることができるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0018】また、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において溶融再結晶時の温度低下速度を小さくすることにより粒径が大きく電子移動度の高いポリシリコン結晶を形成できるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0019】さらに、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法においてポリシリコン化する領域周囲を確実に補助加熱することにより粒径が大きく電子移動速度の高いポリシリコン層を形成できるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0020】さらに、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において均一で安定した強度分布を有した線状レーザビームを生成し、安定で均一な加工を行うことができるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0021】さらに、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において線幅の方向により均一な強度分布を有した線状レーザビームを生成し、安定で均一な加工を行うことができるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0022】さらに、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法においてレーザビームの加工対象物への入射角度を一定に維持し安定で均一な加工を行うことができるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0023】さらにまた、この発明は、細線状のレーザビームを用いたレーザアニーリング方法において線幅の細い細線状レーザビームを生成し、高精度な加工を行うことができるレーザアニーリング方法を得ることを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係るレーザアニーリング方法は、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であり、且つその長手方向においてアモルファスシリコン膜上の被ポリシリコン化部の綫方向及び横方向のいずれか一方の長さよりも長い長さを有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップ

と、線状レーザビームを該レーザビームの幅方向に被ボリシリコン化部上を相対的に移動させて照射し、被ボリシリコン化部の全域を照射する照射ステップとを含むものである。

【0025】請求項2の発明に係るレーザアニーリング方法は、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であり、且つその長手方向においてボリシリコン化により基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップと、線状レーザビームを用いて薄膜トランジスタ形成部の一列分を一括照射する照射ステップとを含むものである。

【0026】請求項3の発明に係るレーザアニーリング方法は、線状ビーム生成ステップにおいて、長手方向において基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを複数生成し、照射ステップにおいて、複数の線状レーザビームを使用して薄膜トランジスタ形成部の複数列分を一括照射するものである。

【0027】請求項4の発明に係るレーザアニーリング方法は、基板上に照射される線状レーザビームのパルス幅が50 ns以上であるものである。

【0028】請求項5の発明に係るレーザアニーリング方法は、50 ns以上のパルス幅のレーザビームを生成するために、レーザ発振器から放射されたレーザビームを複数のレーザビームに分割し、該複数のレーザビームのうちの少なくとも1つのレーザビームを他のレーザビームに対して遅延させ、複数のレーザビームを重疊して基板上に照射する光学的遅延ステップをさらに含むものである。

【0029】請求項6の発明に係るレーザアニーリング方法は、レーザ発振器が、レーザ媒質としてのレーザガス中において相対して設けられた第1及び第2の主電極と、第1及び第2の主電極に並列に接続されたスパイカコンデンサと、第1及び第2の主電極にスイッチング素子を介して並列に接続されたサステイナコンデンサと、スパイカコンデンサを充電するスパイカ充電用電源と、サステイナコンデンサを充電するサステイナ充電用電源とを具備するものである。

【0030】請求項7の発明に係るレーザアニーリング方法は、アニール用のレーザ発振器とは別に設けられた他のレーザ発振器を使用して、アモルファシリコン膜又は基板を補助加熱する補助加熱ステップをさらに含んでおり、補助加熱用の他のレーザ発振器から放射されたレーザビームは、長手方向においてアニール用レーザビーム

の長さより大きな長さを有し、且つ幅方向においてアニール用レーザビームの幅より大きな幅を有しており、更に、アニール用レーザビームパルスの時間幅よりも長いパルス状のレーザビームか又は定常発振のレーザビームであり、補助加熱ステップにおいて同一の被ボリシリコン化部に対しアニール用及び補助加熱用レーザビームを同時に一括照射し、且つ補助加熱用レーザビームの照射中にアニール用レーザビームの照射が完了するものである。

【0031】請求項8の発明に係るレーザアニーリング方法は、線状ビーム生成ステップにおいて、レーザ発振器から放射されたレーザビームを線状に整形すべく、遠視野で複数の点を少なくとも1つの直線上に任意の位相で結像するフーリエ変換型位相ホログラムを用いるものである。

【0032】請求項9の発明に係るレーザアニーリング方法は、遠視野で複数の点を互いに平行な複数の直線上にそれぞれ任意の位相で結像する位相ホログラムを用いるものである。

【0033】請求項10の発明に係るレーザアニーリング方法は、フーリエ変換型位相ホログラムによって結像される複数の点に相当する複数のレーザビームがアモルファシリコン膜に対して実質的に垂直に入射すべくフーリエ変換型位相ホログラムの後方にレンズの前側の焦点位置にフーリエ変換型位相ホログラムが配置されたものである。

【0034】請求項11の発明に係るレーザアニーリング方法は、線状ビーム生成ステップにおいて線状レーザビームを生成する前に、少なくとも線状のレーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向にビーム幅を拡大するステップをさらに含むものである。

【0035】請求項12の発明に係るレーザアニーリング方法は、レーザ発振器が、少なくとも線状レーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向に関するビーム発散角を低減するための不安定型共振器を具備するものである。

【0036】

【作用】請求項1の発明におけるレーザアニーリング方法は、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、長手方向においてアモルファシリコン膜上の被ボリシリコン化部の構造及び横方向のいずれか一方の長さよりも長い長さを有する線状レーザビームを生成し、線状レーザビームを該レーザビームの幅方向に被ボリシリコン化部上を相対的に移動させて照射し、被ボリシリコン化部の全域を照射する。このように、線状レーザビームを用いて長手方向において被ボリシリコン化部のいずれかの辺の長さよりも長い長さの領域を一括照射するので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを走査することによる再結晶化部の波紋状の不均

一性がなく、照射部長手方向全域にわたって均一なポリシリコン結晶が得られる。

【0037】請求項2の発明におけるレーザアニーリング方法は、線状レーザビームを生成する際に、長手方向においてポリシリコン化により基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを生成し、薄膜トランジスタ形成部の一列分を一括照射する。このように、線状レーザビームを用いて長手方向において薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さの領域を一括照射するので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを走査することによる再結晶化部の波紋状の不均一性がなく、照射部長手方向全域にわたって均一なポリシリコン結晶が得られる。

【0038】請求項3の発明におけるレーザアニーリング方法は、線状レーザビームを生成する際に、長手方向において基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する複数の線状レーザビームを複数生成し、複数の線状レーザビームを使用して薄膜トランジスタ形成部の複数列分を一括照射する。このように、線状レーザビームを用いて長手方向において薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さの複数の領域を一括照射するので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを捕引することによる再結晶化部の波紋状の不均一性がなく、照射部長手方向全域にわたって均一なポリシリコン結晶が得られる上に加工速度を向上させ得る。

【0039】請求項4の発明におけるレーザアニーリング方法は、パルス幅が50 n s以上である複数の線状レーザビームを用いて基板上のアモルファスシリコン膜を照射する。これにより、アニーリング加工時に幅方向の拡散により失われる熱を補い、十分な加熱効果を得ることができる。従って、アモルファスシリコンを線状レーザビームに十分に加熱することができ、溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができる。この結果、粒塊が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる。

【0040】請求項5の発明におけるレーザアニーリング方法は、レーザ発振器から放射されたレーザビームを複数のレーザビームに分割し、複数のレーザビームのうちの少なくとも1つのレーザビームを他のレーザビームに対して遮断させ、複数のレーザビームを重畳して基板上に照射する。これにより、照射するレーザビームのパルス幅を見かけ上増大させることができ、アニーリング加工時に幅方向の拡散により失われる熱を補い、十分な加熱効果を得ることができる。従って、アモルファスシリ

コンを線状レーザビームにて十分加熱することができ、溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができる。この結果、粒塊が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる。

【0041】請求項6の発明におけるレーザアニーリング方法は、スパイク充電用電源により充電されたスパイカコンデンサから第1及び第2の主電極間に電力を供給し、第1及び第2の主電極間の放電を開始させる。この時点まではスイッチング素子はオフしており、第1及び第2の主電極間の放電はスパイカコンデンサのみから供給されるエネルギーにより生ずる。次に、サステイナコンデンサをサステイナ充電電源により充電した後、スパイカ回路による放電が終了する前にスイッチング素子をオンする。この結果、スパイカ回路から供給されるエネルギーで開始された主放電部に、サステイナコンデンサに充電したエネルギーが注入される。これにより、レーザ発振器はパルス幅が大きいレーザビームを発振し、アニーリング加工時に幅方向の拡散により失われる熱を補い、十分な加熱効果を得ることができる。従って、アモルファスシリコンを線状レーザビームにて十分加熱することができ、溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができる。この結果、粒塊が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる。

【0042】請求項7の発明におけるレーザアニーリング方法は、アモルファスシリコン膜をポリシリコン化するアニール用のレーザ発振器とは別に設けられた他のレーザ発振器を使用して、アモルファスシリコン膜又は基板を補助加熱する。この際、補助加熱用の他のレーザ発振器から放射されたレーザビームは、長手方向においてアニール用レーザビームの長さよりも大きな長さを有し且つ幅方向においてアニール用レーザビームの幅よりも大きな幅を有しており、更に、アニール用レーザビームバルスの時間幅よりも長いバルス状のレーザビームか又は定常発振のレーザビームである。また、補助加熱する際に、同一の被ポリシリコン化部に対してアニール用及び補助加熱用レーザビームを同時に一括照射し、且つ補助加熱用レーザビームの照射中にアニール用レーザビームの照射が完了する。これにより、基板全体を加熱することなく効率的に再結晶時の温度低下速度の低減を図ることが可能となり、熱の影響を考慮することなく設計し得る簡易な基板保持機構のもので、精度よく瞬時に効率的なアニーリングを行い、粒径が大きく均一な結晶性を有するポリシリコン層を得ることができる。

【0043】請求項8の発明におけるレーザアニーリング方法は、線状レーザビームを生成する際、フーリエ変換型位相ホログラムを用いてレーザ発振器から放射されたレーザビームから、遠視野で複数の点を生成して少なくとも1つの直線上に任意の位相で像結する。これにより、一直線上に多数の集光スポットを作りそれらを重ね合せることにより、長手方向に均一な光強度分布を有す

る線状レーザビームを生成し、安定で均一なアーナーを用行うことができる。

【0044】請求項9の発明におけるレーザアニーリング方法は、フーリエ変換型位相 hologram を用いて透視野で複数の点を互いに平行な複数の直線上にそれぞれ任意の位相で結像する。これにより、複数の平行な直線上に多数の集光スポットを作りそれらを重ね合せることにより、より均一な光強度分布を有する線状レーザビームを生成し、安定で均一なアーナーを行なうことができる。

【0045】請求項10の発明におけるレーザアニーリング方法は、レンズを用いてフーリエ変換型位相 hologram によって結像される複数の点に相当する複数のビームがアモルファスシリコン膜に対して実質的に垂直に入射するように調整する。従って、分割されて基板へ照射されるレーザビームそれぞれの光軸が全て基板に対して垂直になるので、入射角の変動によって基板へのエネルギー吸収率が変動することなくなり、安定で均一なアーナーを行なうことができる。

【0046】請求項11の発明におけるレーザアニーリング方法は、線状レーザビームを生成する際、前もって、少なくとも線状のレーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向にビーム幅を拡大する。従って、線状レーザビームの幅を小さくでき、ビーム発散角の大きなレーザ発振器が使用できる。また、ビーム幅が小さくなるに伴いトランジスタ形成部の列間隔を小さくできるので、高精細の液晶ディスプレイを製作することができる。

【0047】請求項12の発明におけるレーザアニーリング方法は、レーザ発振器が具備する不安定共振器により、少なくとも線状レーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向に関するビーム発散角を低減する。従って、幅方向のビーム発散角を小さくすることにより、線状レーザビームの幅を小さくできる。それ故、ビーム幅が小さくなるに伴いトランジスタ形成部の列間隔を小さくできるので、高精細の液晶ディスプレイを製作することができる。

【0048】

【実施例】

実施例1. 以下、この発明の実施例を図について説明する。図1はこの発明の一実施例によるレーザアニーリング方法を示す説明図であり、図1(a)はこの実施例によるレーザアニーリング方法が適用される、アモルファスシリコンの薄膜が形成された、例えばガラス基板の平面図を示しており、図1(b)は図1(a)のガラス基板に照射される、この実施例によるレーザアニーリング方法に使用されるレーザビームのビーム長手方向のレーザ光強度分布を示す図である。図1(a)において、1はガラス基板の駆動回路を作り込む部分、2は画素を作り込む部分、3は薄膜トランジスタ(TFT)形成部、6は長手方向において薄膜トランジスタ形成部3の1列

分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部3の幅より広く且つ、トランジスタが形成される列の間隔より小さい幅を有するような線状レーザビームが基板上に投影されたビームスポットである。

【0049】図2はこの実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置であり、上記したような断面形状を有するレーザビームを生成して、基板に照射するためのレーザアニーリング装置を概略的に示すブロック図であり、21はエキシマレーザ等のレーザ発振器、22はレーザ光、23はレーザ光路のX軸を調整する反射ミラー、24はレーザ光路のY軸を調整する反射ミラー、25は反射ミラー23、24を制御するモータコントロールシステム、26a、26bはモータコントロールシステム25と反射ミラー23、24を接続する信号線、27はレーザビームの強度分布を均一にするためのビームホモジナイザ、28はビームホモジナイザ27から出射したレーザビームを細線状の形状に整形して集光するためのレンズ系(例えば、シリンドリカルレンズ)、29は真空チャンバ、30は真空チャンバ29に取り付けられたレーザ光を導入するための窓、31はアニーリング加工対象物、32はアニーリング加工対象物31を載置するための台、33は真空ポンプである。尚、線状ビーム生成ステップは、主にビームホモジナイザ27及びレンズ28によって実現され、照射ステップは、主に反射ミラー23、24及び台32によって実現される。また、ビームホモジナイザ27及びレンズ28は、線状レーザビームを生成するためのビーム整形光学系を構成する。

【0050】図3及び図4はビームホモジナイザ27の構成例を示す図である。ビームホモジナイザ27は、線状レーザビームのような均一な強度分布を作り出すビーム整形光学系として用いられ、図3は「プロセーディングズオブエス・ピー・アイ・イー、第1377巻、第30-35頁(Proceedings of SPIE Vol1377 p30-35)」に示されたビームホモジナイズ光学系を示しており、271はフライアイレンズ、272はコリメートレンズである。この例では、レーザ光はフライアイレンズ271によって多数の部分に分割されると同時に、それぞれが拡大され、重ね合わされる。その後、コリメートレンズ272によってコリメートされて均一な強度分布のレーザビームが生成される。図4は同様に「プロセーディングズオブエス・ピー・アイ・イー、第1377巻、第30-35頁(Proceedings of SPIE Vol1377 p30-35)」に示された、ビームホモジナイズ光学系の第2の例であり、273はプリズムである。この例では、レーザ光はプリズム273で中央から分割され、それぞれが偏向されて重ね合わされることによって、均一な強度分布を有するレーザビームが生成される。ビームホモジナイザ27としては、図3又は図4に記載された光学系が使用されるが、これに限定されるものではない。後述

するように、このようなビームホモジナイザは、良好な均一強度分布を有するレーザビームを生成するのが困難であるという問題点を抱えている。

【0051】次に動作について説明する。エキシマーレーザ等のレーザ発振器21から出射されたレーザ光22は、反射ミラー23、24により走査され、ビームホモジナイザ27によりビーム強度の均一化を行なった後、その断面形状はレンズ系28により細線状に整形され且つ集光され、窓30を通じて真空チャンバ29内のアニーリング加工対象物31に照射される。

【0052】レーザビームの整形は、アニーリング加工対象物31に投射されたビームスポットの形状が、長手方向においてアモルファスシリコン膜のポリシリコン化する部分のいずれかの辺の長さより長い長さを有し、さらに、薄膜トランジスタ形成部3の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部3の幅より広く且つ、トランジスタが形成される列の間隔より小さい幅を有するようになれる。この際、アニーリング加工対象物であるガラス基板の画素を作り込む部分2に照射されたレーザビームスポットはのビーム長手方向のレーザ光強度分布は図1(b)に示すように均一である。

【0053】図1(a)に示す画素を作り込む部分2の全体に渡ってポリシリコン化するには、線状のレーザビームを基板に対して相対的にそのビーム幅の方向(短辺方向)に移動させなければならない。そのような相対的な移動は、レーザビームを光学系によって偏軸させるか、又は、アニーリング加工対象物31を並進移動させることによって達成される。

【0054】長手方向に強度分布が均一であるように整形された線状のレーザビームは、アニーリング加工対象物上で図1(a)における斜線部分で示されたビームスポット6を形成する。このように薄膜トランジスタ形成部3の一列に対応する斜線部分を一括してレーザ光により照射すると、アニーリング加工対象物31の斜線部分の表面の温度が上昇し溶融する。そして、加工対象物へ到達するレーザ光が途絶えるとアニーリング加工対象物31の表面温度が低下し、この過程で表面の結晶化が起こる。これにより、一度のレーザビームの照射により斜線部分を一括して溶融再結晶化させることができとなる。尚、所望するポリシリコン化を達成するために、レーザビームの照射回数は複数回でも良い。また、アニーリング中真空チャンバ29内は真空ポンプ33により 1×10^{-4} Pa以下の圧力に保たれている。

【0055】図5は、この実施例によるレーザアニーリング方法におけるレーザビームを用いて、アモルファスシリコン膜を照射再結晶化した際の結晶性の状況を示す図であり、7は粒径が0.1μm以上のポリシリコン層の領域、8は0.1μm以下の領域である。なお、粒径は照射条件、アモルファスシリコン膜厚みによって変化

するので絶対値そのものは、この発明に係る重要なファクターではない。このようなポリシリコン層の区分けは粒径の大きな部分と小さな部分という定義に等しい。

【0056】従来、先述のように照射再結晶化部において粒径のバラツキがみられるのが問題であったが、この実施例によるレーザアニーリング方法によれば、薄膜トランジスター列に対応する領域が長手方向に対して一括、同時に溶融再結晶化されるため、図5に示すように長手方向全域にわたって均一な結晶化が実現されている。これに対して、ポリシリコン化した部分は線状のレーザビームの幅方向には、粒径の大きなポリシリコン層の領域7と小さなポリシリコン層の領域8に分かれてしまい、粒径のバラツキが観測されたが、粒径の大きな部分のポリシリコン層の領域7の幅は薄膜トランジスタを形成するのに必要な領域の幅よりも十分広いため実質上問題はない。

【0057】また、上記の説明では、一本の線状レーザビームを用いたが、該レーザビームを適当な光学素子を用いて複数に分割するか、もしくは、複数個のレーザビームを用いて、複数列を同時に照射するようにしても良い。

【0058】以上示したように、この発明によるレーザアニーリング方法は、典型的には、ポリシリコンを用いた薄膜トランジスタを画素用スイッチング素子として備えた液晶ディスプレイを製造するために使用されるが、これに限定されるものではない。

【0059】実施例2、図6は、この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物の平面図であり、図において、図1に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、9は薄膜トランジスタの駆動回路を構成する要素であるトランジスタが形成される部分、10は形状がその長手方向において被ポリシリコン化部(上記トランジスタ形成部)の縦方向又は横方向の総長よりも長い長さを持つような線状レーザビームのスポットである。

【0060】次に動作について説明する。一般に、ガラス基板の駆動回路を作り込む部分1の薄膜トランジスタの駆動回路を構成する要素であるトランジスタが形成される部分9は、ある回路パターンに従って配設されるが、この実施例では、その配置に制限を設け、縦列又は横列の少なくとも一方が規則的な列をつくるようにしたものである。この配設をとることにより、線状レーザビームを用いて、該一列分を一括してアニーリングすることができる。回路設計上に制限が生じるが、アニーリング工程をきわめて簡易にすることができる、歩留まりの向上をはかるとともに、制作コストを低減することができる。

【0061】この実施例では、薄膜トランジスタの駆動回路を構成する要素であるトランジスタが形成される部

分9をレーザビームスポット10を生じさせるレーザを用いてアニーリングしたが、図7に示すように、トランジスタが形成される部分の配置を画素部2内のTFT配置と同じ横列又は縦列上にもってることにより、線状スポット10'を有する線状レーザビームで両者を同時にアニーリングしてもよい。これによって、線状レーザビームを用いて、薄膜トランジスタ及び薄膜トランジスタの駆動回路を構成するトランジスタの一列分を一括してアニーリングすることができ、アニーリング工程をきわめて簡易にすることができ、歩留まりの向上をはかるとともに、制作コストを低減することができる。

【0062】実施例3. 図8はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物の平面図であり、図において、図6に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、10a, 10b, 10cは、形状がその長手方向においては横方向の後長よりも長い長さを持つような線状であるようなレーザビームのスポットである。【0063】次に動作について説明する。上記実施例2では、薄膜トランジスタの駆動回路を構成する要素であるトランジスタが形成される部分9をレーザ照射したが、この実施例では回路設計に自由度を与えて、代わりに駆動回路対応部分全体をアニーリングするものである。ただしこの際、線状レーザビームを図8に示すように密接してステップ&リピート照射するように工夫することで、小出力のレーザで全体をアニーリングすることができる。

【0064】実施例4. 図9はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図2に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、21aは発振パルス幅200nsのバルスレーザ光を放射するエキシマレーザである。

【0065】次に動作について説明する。エキシマレーザ21aは発振パルス幅が200nsと従来用いられてきたエキシマレーザに比べて発振パルス幅が長い特徴を有している。図10はこのエキシマレーザ21aの発振パルス波形を示す図である。

【0066】エキシマレーザ21aから出射されたレーザ光は反射ミラー2-3, 2-4により偏向、走査され、ビームホモジナイザ2-7によりビーム強度の均一化を行なった後、レンズ系2-8(例えば、シリンドリカルレンズ)により細線状に集光され、真空チャンバ2-9に設けられた窓3-0を通じて真空チャンバ2-9内のアニーリング加工対象物3-1に照射される。真空チャンバ内は真空ポンプ3-3により 1×10^{-4} Pa以下の圧力に保たれる。

【0067】レーザビームの整形は、実施例1と同様に、アニーリング加工対象物3-1に投影されたビームス

ポットの形状が、長手方向において被加工領域、例えばアモルファシリコン膜のポリシリコン化する部分のいずれかの辺の長さより長い長さを有し、幅方向において、被加工領域の複数の加工部のそれぞれの幅、例えば薄膜トランジスタ形成部の幅より広く且つ、トランジスタが形成される列の間隔より小さい幅を持つようになされる。この際、アニーリング加工対象物3-1であるガラス基板の画素を作り込む部分に照射されたレーザビームスポットはのビーム長手方向のレーザ光強度分布は図1(b)に示すように均一である。また、図1(a)に示す画素を作り込む部分2の全体に渡ってポリシリコン化するには、線状のレーザビームを基板に対して相対的にレーザビームの幅方向(短辺方向)に移動させなければならない。そのような相対的な移動は、レーザビームを光学系によって偏角させるか、又は、アニーリング加工対象物3-1を並進移動させることによって達成される。

【0068】レーザ光が照射されるとアニーリング加工対象物3-1の表面の温度が急上昇し溶融する。そしてアニーリング加工対象物3-1に到達するレーザ光が途絶えるとアニーリング加工対象物3-1の表面温度が低下し、この過程で表面の結晶化が起こる。ここで、この実施例の場合、エキシマレーザ21aから出射されるレーザ光2-2の発振パルス幅が200nsと長い。このため発振パルス幅が短いレーザ光を用いた場合に比べて加熱時間が長く、さらにレーザ光強度がピークに達した後レーザ発振が終了するまでの時間が長い。レーザ光照射時のアニーリング加工対象物3-1表面の温度変化の一例を図1-1に示す。バルス幅30nsのエキシマレーザ光を照射した場合、加工対象物表面温度は15ns程度の短時間に急激に上昇し、融点TMを超す。レーザ強度がピーク値を迎えた後低下し始めると表面温度も低下する。融点TM附近では溶融部の蓄熱により温度勾配が緩やかになる。この部分で結晶化が進む。やがて溶融部の結晶化が終わり固化すると、室温にむけて以後同一時定数にて温度が低下していく。これに対して、この実施例のようにレーザ発振パルス幅が200nsと長い場合には、図1-1に示すように、レーザ強度がピーク値を迎えた後表面温度が低下し結晶化が進む部分の時間が長くなる。

【0069】前述したように、薄膜トランジスタ形成部のアニーリング加工では、溶融後の温度低下速度が遅く結晶化のための時間を長く取れるほど、得られるポリシリコン結晶の粒径サイズが大きくなり、電子移動度の高いトランジスタを得ることができる。従って、この実施例では、バルス幅が200nsと長いレーザ光を用いでいるので結晶化が進む部分の時間を長くすることができます。粒径サイズの大きなポリシリコン結晶を得ることができる。これにより、電子移動度が高く高速動作が可能なトランジスタを得ることができる。照射するレーザバルス幅とアニーリングにより得られるポリシリコン結晶の電子移動度との関係の例を図1-2に示す。電子移動度

はレーザーパルス幅の増大に伴って増加する。アニーリングにより製作する薄膜トランジスタでは、 $100\text{ cm}^2/\text{V}\text{s}$ を越す電子移動度が要求される。図12から明らかなように、これを実現するためにはレーザーアニール用のレーザー発振器としてパルス幅が 50 ns 以下のレーザーを用いる必要があることがわかる。

【0070】以上述べたように、この実施例によれば、アニーリング加工時に幅方向の拡散により失われる熱を補い、十分な加熱効果を得ることができるのでレーザーアニーリング装置を提供できる。かかる実施例をTFTアニーリング加工に適用することにより、アモルファスシリコンを線状ビームにて十分加熱することができ、溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができる。これにより粒塊が大きく電子移動度の高い良質のポリシリコン結晶を得ることができる。

【0071】実施例5、図13はこの発明の他の実施例によるレーザーニーリング方法を実現する装置の構成を概略的に示すブロック図であり、図において、図9に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しておる。34a、34bはビームスプリッタ、35は全反射ミラー、36a、36bはレーザ光の伝搬を遅らせる光遅延部、37a、37bはそれぞれ、光遅延部36a、36bにより遅延されたレーザ光である。光遅延部36a、36bはそれぞれ、一般的に、複数の反射ミラーで構成されており、光遅延部に入射したレーザ光は反射ミラーで折り返され、所望する遅延時間分だけ余計に空中伝搬させられる。尚、光学的遅延ステップは、光遅延部36a、36b、ビームスプリッタ34a、34b、及び全反射ミラー3-5によって実現される。

【0072】次に動作について説明する。エキシマレーザ等のレーザ発振器21から射出されたレーザ光22は、まず、ビームスプリッタ34aによって2つのビームに分割され、更にビームスプリッタ34bにより2つのビームに分割され、その結果3つのレーザビームに分割される。ビームスプリッタ34aで分割されたビームの一方は、例えばシリンドリカルレンズのような集光レンズ28により細胞状に集光され、アニーリング加工対象物31に照射される。ビームスプリッタ34aで分割されたビームの他方は、ビームスプリッタ34bによりさらに2つのビームに分割され、それぞれ光遡延部1の36a、光遡延部2の36bにより時間t₁、t₂だけ伝搬を遡らせた後、集光レンズ28により細胞状に集光され、アニーリング加工対象物31に照射される。

【0073】図14は発振パルス幅30nsのエキシマーレーザ光をビームスプリッタ34a, 34bにより3分割し、光遅延部1の36a、光遅延部2の36bにより時間 $t = 20\text{ ns}$, $t = 40\text{ ns}$ それぞれ遅延させた後アニーリング加工対象物3に照射した場合の加工対象物3上でのピーム強度時間変化を示す図である。

工対象物 3 1 に入射したレーザ光のパルス、B は光遮延部 3 6 a を通り $t = 2.0\text{ ns}$ だけ遅延されてアーニーリング加工対象物 3 1 に入射したレーザ光のパルス、C は光遮延部 3 6 b を通り $t = 4.0\text{ ns}$ だけ遅延されてアーニーリング加工対象物 3 1 に入射したレーザ光である。この場合、図 14 に示す様にアーニーリング加工対象物 3 1 にはレーザビーム A、B、C が重畳されて照射される。これにより、エキシマレーザ等のレーザ発振器 2 1 が放射するレーザ光のパルス幅より長い時間アーニーリング加工対象物 3 1 にレーザ光を照射することができる。
【0074】図 14 に示した例では、レーザ光源としてパルス幅 30 ns のレーザ光を用いて、ビームスピリタによって 3 つのビームに分割して、その内 2 つのビームについては光遮延部 3 6 a、3 6 b により時間 $t = 2.0\text{ ns}$ 、 $t = 4.0\text{ ns}$ それぞれ遅延させ再度合成立すことにより、ピーク値の半分以上のビーム強度が 70 ns にわたるレーザ光を得て照射している。これにより、上記実施例 4 に述べた長バルスビームを用いるの場合と同様に、かかる実施例を TFT アーニーリング加工に適用することにより、加工対象物にて溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができ、粒塊サイズの大きなポリシリコン結晶を得ることができる。これにより電子移動度が高く高速動作が可能なトランジスタを得ることができると。

【0075】光遅延部36a, 36bとしては、反射ミラーで折り返して希望の遅延時間分だけ光を空中伝搬させる構成にしてもよいし、図15に示すように、所望する遅延時間だけ伝搬に要する長さの光ファイバ36c, 36dを用いてもよい。

【0076】また、この実施例ではレーザービームを3つに分割し、その内2つのビームに所定の時間遅延を与えて再度合成してレーザー光のバルス幅を見かけ上増大させたが、レーザービームの分割数は2つでも4つ以上でもよく、同様の効果を奏す。

【0077】さらに、この実施例では1つのレーザービームを複数個に分割してそれぞれに所定の時間遅延を与えたが、複数のレーザ発振器から得られるレーザービームを用いてこれらの複数のレーザービームを時間をずらして照射してもよく、同様の効果を奏す。

【0078】実施例6、図16はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、9に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しておらず、21bはスパイカ・サステイナ方式エキシマレーザである。また、図17はスパイカ・サステイナ方式レーザの励起回路構成を示す図であり、図において、40に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示すように設けられた第1の電極、42はチャンバ40内にレーザガス中に設けられた第1の電極、42はチャンバ40内に設けられた第1の電極41と対応するように設けられた第2の主電極、43は第1の電極41と対応するように設けられた第2の副電極である。

4 1 と第 2 の電極 4 2 との間に印加された電圧によって起ったレーザ媒質を励起する放電、4 4 は第 1 及び第 2 の主電極 4 1, 4 2 に並列に接続されたスパイカコンデンサ、4 5 はスパイカコンデンサ 4 4 を充電するスパイカ充電用電源、4 6 は第 1 及び第 2 の主電極 4 1, 4 2 にスイッチング素子を介して並列に接続されたサステイナコンデンサ、4 7 はサステイナコンデンサ 4 6 を充電するサステイナ充電用電源、4 8 は予備電離溶電源、4 9 は予備電離用誘電体、5 0 は予備電離用補助電極、5 1 はスパイカ回路とサステイナ回路を分離するスイッチ素子としての磁気飽和スイッチである。

【0079】次に動作について説明する。レーザチャンバー 4 0 にレーザガスを封入した後、先ず予備電離用誘電体 3 9 を介して予備電離用補助電極 5 0 と主電極 4 1, 4 2 間に電圧を印加し、主電極 4 1, 4 2 間に予備電離電子を供給する。

【0080】この後、スパイカ充電用電源 4 5 により充電されたスパイカコンデンサ 4 4 から主放電電極 4 1, 4 2 間に電力を供給し、主放電電極 4 1, 4 2 間の放電 4 3 を開始させる。この時点までは磁気飽和スイッチ 5 1 はオフしており、主放電電極 4 1, 4 2 間の放電 4 3 はスパイカコンデンサ 4 4 のみから供給されるエネルギーにより生ずる。次に、サステイナコンデンサ 4 6 をサステイナ充電用電源 4 7 により充電した後、スパイカ回路による放電が終了する前に磁気飽和スイッチ 5 1 をオンする。これによりスパイカ回路から供給されるエネルギーで開始された主放電部に、サステイナコンデンサ 4 6 に充電したエネルギーを注入することができる。このようにスパイカ・サステイナ方式エキシマレーザ 2 1 b では放電場に 2 段階にエネルギーを注入することができ、従来用いられてきたエキシマレーザに比べて長い発振時間を得ることができる。

【0081】図 18 はスパイカ・サステイナ方式エキシマレーザにより得られたレーザ発振波形の例を示す図である。このように、スパイカ・サステイナ方式エキシマレーザ 2 1 b が放射するレーザ発振光の半幅値は約 19.0 ns となり、従来用いてきたパルス幅 1.7 ns に比べて 10 倍以上長いレーザーパルスを得ることができる。従つて、図 16 に示す様に、スパイカ・サステイナ方式エキシマレーザ 2 1 b をレーザアーリング装置に用いれば、パルス幅が従来の装置に比べて十分長いレーザ光を加工対象物に照射することができる。これにより、かかる実施例を TFT A ハニーフィン加工に適用することにより、ポリシリコンの結晶化が進む部分の時間を見くくることができ、粒塊サイズの大きなポリシリコン結晶を得ることができ。これにより電子移動度が高く高速動作が可能なトランジスタを得ることができる。

【0082】実施例 7、図 19 はこの発明の他の実施例によるレーザアーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図 2 に示す参照符

号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しております、3 1 a はアニーリング加工対象物であるアモルファシリコン膜、3 1 b はアモルファシリコン膜 3 1 a が形成された基板、D はアモルファシリコン膜 3 1 a の溶融再結晶化を行う第 1 のレーザ光、E はアモルファシリコン膜 3 1 a の補助加熱を行う第 2 のレーザ光、2 1 は第 1 のレーザ光 D を発生する第 1 のレーザ発振器、3 7 は第 2 のレーザ光 E を発生する第 2 のレーザ発振器、3 8 は第 2 のレーザ光 E のビーム形状を線状に整形するビーム整形光学系、3 9 は第 2 のレーザ光 E の進行方向を変更するベンドディングミラーである。尚、補助加熱ステップは主に第 2 のレーザ発振器 3 7 により実現される。

【0083】既に述べたように、溶融再結晶時のポリシリコン結晶の粒塊サイズは、溶融後の温度低下速度が遅く結晶化のための時間を長く取れるほど大きくなる傾向がある。従って、アモルファシリコンが一旦溶融し、再結晶化する際の温度低下速度を低減することにより、粒塊が大きく電子移動度の高いポリシリコン層を形成することができる。このため、単一のレーザ光を用いた従来のレーザアーリング方法においては、アニーリング加工対象物であるアモルファシリコン薄膜を形成した基板全体をヒーターで加熱することにより温度低下速度の低減を図っていた。これに対して、アニーリング加工においてレーザビームと基板との間で $\sim 1.0 \mu\text{m}$ 程度の位置精度が必要となるので、この発明の上記実施例の如く線状レーザビームを用いてレーザアーリングを行う場合、従来のように基板全体を加熱してしまうと、熱による基板の変形のため加工精度が低下するという問題点がある。

【0084】また、線状レーザビームを用いたレーザアーリングは、図 2 に示した精密テーブル等の台 3 2 にアモルファシリコン膜を形成した基板を固定し、精密テーブルを順次移動させながら標的とする薄膜トランジスタ形成列に対しアーリングを行っていくが、基板全体を加熱した場合、基板の熱が精密テーブルに伝わると熱膨張により精密テーブルの移動精度が低下するため、基板と精密テーブルとの間では断熱を保たねばならず、基板の保持機構が複雑になるという問題点がある。

【0085】この実施例は、以上の問題点を解決するために補助加熱用のレーザ発振器をさらに具備したもので、これにより大粒径且つ均一な結晶性を有するポリシリコン層を形成するものである。

【0086】次に動作について説明する。第 1 のレーザ発振器 2 1 より出射した第 1 のレーザ光 D は、ビーム整形光学系であるビームホモナイザ 2 7 及びレンズ 2 8 によりアモルファシリコン膜 3 1 a 上で線状集光するよう整形され、アモルファシリコン膜 3 1 a 上に照射される。第 2 のレーザ発振器 3 7 より出射した第 2 のレーザ光 E も同様にビーム整形光学系 3 8 によりアモルファ

スシリコン膜 3 1 a 上でのビーム形状が線状となるよう整形され、アモルファスシリコン膜 3 1 a に照射される。このとき第 2 のレーザ光 E のアモルファスシリコン膜 3 1 a 上における照射位置が、第 1 のレーザ光 D による照射位置とほぼ同位置となるように、第 2 のレーザ光 E の進行方向はペンドイングミラー 3 9 により調整される。

【0087】図 20 はこの実施例における第 1 のレーザ光 D と第 2 のレーザ光 E とのアモルファスシリコン膜 3 1 a 上におけるビーム照射領域を示すものであり、図において、6 0 は第 1 のレーザ光 D のビーム照射領域、6 1 は第 2 のレーザ光 E のビーム照射領域である。

【0088】図 20 に示すように、アモルファスシリコン膜 3 1 a 上の第 2 のレーザ光 E のビーム照射領域 6 1 は、幅、長さともに第 1 のレーザ光 D のビーム領域 6 0 よりも大なる寸法を有しており、また、第 2 のレーザ光 E の照射領域 6 1 が、第 1 のレーザ光 D の照射領域 6 0 を覆うように、第 1 及び第 2 のレーザ光 D、E の照射位置を調整している。このように、第 2 のレーザ光 E の照射領域 6 1 が、第 1 のレーザ光 D の照射領域 6 0 を覆うようビーム形状、照射位置を設定しているので、第 1 のレーザ光 D の照射位置と第 2 のレーザ光 E の照射位置とのズレをある程度許容することができる。

【0089】図 21 はこの実施例における第 1 のレーザ光 D と第 2 のレーザ光 E の光強度の時間変化を示した図であり、図において、D は第 1 のレーザ光 D の光強度の時間変化、E は第 2 のレーザ光 E の光強度の時間変化を示している。第 2 のレーザ光 E のピーク強度は、アモルファスシリコン膜を溶融せしめる第 1 のレーザ光 D のピーク強度に比べ非常に低く、また、第 2 のレーザ光 E の時間幅は、第 1 のレーザ光 D の時間幅に比べ短い。また、第 1 のレーザ光 D は第 2 のレーザ光 E の照射中にアモルファスシリコン膜への照射が開始して完了するよう、第 1 及び第 2 のレーザ光 D、E の照射タイミングは制御される。

【0090】図 22 はレーザアニール時のアモルファスシリコン膜 3 1 a の表面温度の時間変化を示しているグラフ圖であり、図において、6 2 はこの実施例によるレーザアニーリング装置によりアニーリングを行ったときのアモルファスシリコン膜 3 1 a の表面温度、6 3 は単一のレーザ光のみを用いた従来の方法でアニーリングを行ったときのアモルファスシリコン膜の表面温度である。この実施例によるレーザアニーリング装置を用いてアニーリングを行った場合、第 2 のレーザ光 E を照射しアモルファスシリコン膜 3 1 a を補助加熱しながら、第 1 のレーザ光 D を照射することにより溶融再結晶化を行うので、単一のレーザ光のみを用いた従来の場合に比べ、図 22 に示すように、アモルファスシリコン表面の温度がピークに到達したのち温度の低下する速度が遅くなっている。

【0091】以上のように、第 2 のレーザ光 E を用いてアモルファスシリコン膜 3 1 a を補助加熱している間に、第 1 のレーザ光 D でアモルファスシリコン膜の溶融再結晶化を行えば、アモルファスシリコン膜 3 1 a がピーク温度に達した後の温度低下速度を効果的に減少させることができるとなるので、粒径が大きく電子移動度の高いポリシリコン層を形成することができる。また、この実施例で示したように第 2 のレーザ光 E を用いてアモルファスシリコン膜 3 1 a の補助加熱を行えば、第 2 のレーザ光 E のビーム形状を第 1 のレーザ光 D と同じく線状に整形することにより、アモルファスシリコン膜 3 1 a 上の補助加熱する領域をポリシリコン化する部位の周囲のみに限定することができる。不必要な領域での熱の消費を防ぐことができるばかりでなく、アモルファスシリコン膜 3 1 a を形成した基板 3 1 b の保持機構の構成において熱の影響を考慮する必要がなくなり、その結果簡易な機構で基板 3 1 b を保持することができる。また、第 2 のレーザ光 E を用いて補助加熱を行うと、アモルファスシリコン膜 3 1 a 自体の光吸収により温度が上昇するため、瞬時にポリシリコン化領域の加熱を行うことができる。

【0092】尚、この実施例では、第 2 のレーザ E をアモルファスシリコン自体に吸収させ補助加熱を行う方法を示したが、第 2 のレーザ光 E の波長として、基板 3 1 b がレーザ光を吸収するような波長を選択し、第 2 のレーザ光 E で基板 3 1 b を補助加熱しても同様な効果が得られることはいうまでもない。

【0093】実施例 8、図 23 はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成図であり、図において、図 1 9 に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示している。この実施例では上記した実施例 7 とは異なり、アモルファスシリコン膜 3 1 a の表面に對し、第 1 のレーザ光 D の照射方向とは逆側から第 2 のレーザ光 E の照射を行っている。第 2 のレーザ光 E の波長として、基板 3 1 b がレーザ光をある程度透過し、アモルファスシリコンがレーザ光を吸収するような波長が選択される。

【0094】次に動作について説明する。第 1 のレーザ発振器 2 1 より出射した第 1 のレーザ光 D は、ビーム整形光学系であるビームホモジナイザ 2 7 及びレンズ 2 8 によりアモルファスシリコン膜 3 1 a 上で線状集光するよう整形され、アモルファスシリコン膜 3 1 a に照射される。第 2 のレーザ発振器 3 7 より出射した第 2 のレーザ光 E も同様にビーム整形光学系 3 8 によりアモルファスシリコン膜 3 1 a 上でのビーム形状が線状となるよう整形され、基板 3 1 b を透過した後アモルファスシリコン膜 3 1 a に照射される。このとき、第 2 のレーザ光 E のアモルファスシリコン膜 3 1 a 上における照射位置が、第 1 のレーザ光 D による照射位置とほぼ同位置となるように、第 2 のレーザ光 E の進行方向はビーム整形光

学系 3 8 に含まれる光学系又は図示していない反射ミラーにより調整される。また、上記実施例 7 と同様に、図 2 0 に示すように、アモルファスシリコン膜 3 1 a 上の第 2 のレーザ光 E のビーム照射領域 6 1 は、幅、長さともに第 1 のレーザ光 D のビーム領域 6 0 よりも大なる寸法を有しており、また、第 2 のレーザ光 E の照射領域 6 1 が、第 1 のレーザ光 D の照射領域 6 0 を覆うように、第 1 及び第 2 のレーザ光 D, E の照射位置を調整している。

【0095】これにより、上記実施例 7 と同様に、第 2 のレーザ光 E を用いてアモルファスシリコン膜 3 1 a を補助加熱している間に、第 1 のレーザ光 D でアモルファスシリコン膜の溶融再結晶化を行えば、アモルファスシリコン膜 3 1 a がピーク温度に達した後の温度低下速度を効果的に減少させることができるとなるべく、粒径が大きく電子移動度の高いポリシリコン層を形成することができる。また、アモルファスシリコン膜 3 1 a 上の補助加熱する領域をポリシリコン化する部位の周囲のみに限定することができる。不必要な領域での熱の消費を防ぐことができるばかりでなく、アモルファスシリコン膜 3 1 a を形成した基板 3 1 b の保持機構の構成において熱の影響を考慮する必要がなくなり、その結果簡易な構造で基板 3 1 b を保持することができる。また、第 2 のレーザ光 E を用いて補助加熱を行うと、アモルファスシリコン膜 3 1 a 自体の光吸収により温度が上昇するので、瞬時にポリシリコン化領域の加熱を行うことができる。

【0096】尚、この実施例では、第 2 のレーザ光 E をアモルファスシリコン自体に吸収させ補助加熱を行う方法を示したが、第 2 のレーザ光 E の波長として、基板 3 1 b がレーザ光を吸収するような波長を選択し、第 2 のレーザ光 E で基板 3 1 b を補助加熱しても同様な効果を得られることはいうまでもない。

【0097】実施例 9、図 2 4 はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図 2 に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しておらず、7 0 はレンズ、7 1 はフーリエ変換型相ホログラム（以下ホログラムと略す）、7 2 はレンズ 7 0 及びホログラム 7 1 から構成されるビーム整形光学系である。即ち、レンズ 7 0 及びホログラム 7 1 は、アニーリング加工対象物 3 1 上で長手方向に均一なレーザ強度分布を有する線状レーザビームを得ためのビーム整形光学系 7 2 を構成している。

【0098】実施例 1 で述べたように、一般に、線状レーザビームのようないくつかの強度分布を作り出すビーム整形光学系として図 3 及び図 4 に示したビームホモジナイズ光学系とシリンドリカルレンズとの組み合わせが用いられるが、例えば図 3 に示したようビームホモジナイズでは、レーザビームの小さな一部分が拡大されて他の部

分と大きく重ね合わせられるために、お互いに干渉して干渉縞ができるてしまい、均一な強度分布にならないという問題点がある。また、均一強度分布以外の任意の強度分布を作り出すことも大変困難である。

【0099】さらに、エキシマレーザは、短パルスの放電励起レーザであり、放電の不安定性や、共振器内で発振モードが十分に形成されないので、パルスごとのビームプロファイルやビームの重心が不安定になっている。さらに、放電電極の消耗などにより長期的にビームプロファイルやビームの重心が変化する。従って、図 4 に示したビームホモジナイズでは、ビームの重心がずれると中央から分割できなくなってしまうという問題点がある。また、設計どうりのビームプロファイルにならないと、重ね合わせても均一な強度分布にならない。

【0100】このように、従来のビームホモジナイズ光学系は、短パルスレーザに対して安定に均一な強度分布をつくることができず、安定な線状レーザビームを実現するのが困難であるため、安定なアーチルは難しかった。

【0101】このような問題点を解消するために、この実施例によるレーザアニーリング装置は、ビーム整形光学系 7 2 を構成する重要な要素としてフーリエ変換型相ホログラムタイプのホログラム 7 1 を具備している。

【0102】次に動作について説明する。レーザ発振器 2 1 から発せられたレーザ光は、レンズ 7 0 及びホログラム 7 1 から構成されるビーム整形光学系 7 2 を通る。この際、レーザ光はレンズ 7 0 によって基板 3 1 上に照射されるが、図 2 5 に示す様に、レンズ 7 0 と基板 3 1 との間に設けられたホログラム 7 1 によって基板 3 1 上に一直線上に並んだいくつもの重なりあった照射スポットを持つように空間変調される。ホログラム 7 1 は、それぞれの照射スポットを基板 3 1 上の任意の位置に、任意の強度で配置することができます。この実施例では、図 2 6 (a) に示すように一直線上に照射スポットが並ぶようなホログラム 7 1 を用い、図 2 6 (b) に示すようにそれぞれの照射スポットが重なりあうように調整する。これにより、基板 3 1 上で長手方向に均一なレーザ照射強度分布を持つ線状レーザビームを得ることができる、安定なレーザアーチルを実行することができる。

【0103】図 2 7 はこの実施例によるホログラム 7 1 によって生成される複数のスポットの重なりぐあいを示す図である。均一な強度分布を得るために、図 2 7 に示すように重なり合せる照射スポットは、それぞれの照射スポットの半幅値よりも小さな間隔で配置されて互いに一部が重ね合わされなければならない。隣り合う照射スポットの中心間の距離、即ち重ね合せ間隔は狭いほど同一点上に重ね合わされる照射スポットの数が増すので、強度分布均一性は高くなる。しかししながら、レーザ光の空間的可干渉距離よりも狭い間隔で重ね合せると、干渉縞によってかえって均一性が悪くなる可能性がある。

あるので、重ね合せ間隔は狭ければよいというものではない。

【0104】ホログラム71としては、設計したパターン、即ち一直線上に並ぶ複数の照射スポットへ回折する光のエネルギーの割合である回折効率の高い位相ホログラムを用い、光利用効率を高めている。これによって、レーザ出力の数10%のエネルギーが実際のアニーリング加工に利用できるようになる。

$$g(x_2) = \sqrt{\frac{i}{B\lambda}} e^{-ikL_0} \int u(x_1) e^{-i\frac{\pi}{B\lambda}[Ax_1^2 - 2x_1x_2 + Dx_2^2]} dx_1$$

【0107】この入力像 $u(x_1)$ に空間周波数 a で位相が変化する変調板を重ね合せると、回折像は次のようになる。

$$\begin{aligned} g'(x_2) &= \sqrt{\frac{i}{B\lambda}} e^{-ikL_0} \int u(x_1) e^{-i(2\pi x_1 + \phi)} e^{-i\frac{\pi}{B\lambda}[Ax_1^2 - 2x_1x_2 + Dx_2^2]} dx_1 \\ &= \sqrt{\frac{i}{B\lambda}} e^{-ikL_0} \int u(x_1) e^{-i\phi} e^{-i\frac{\pi}{B\lambda}[Ax_1^2 - 2x_1x_2 + Dx_2^2 + 2B\lambda ax_1]} dx_1 \\ &= e^{iDB\lambda ax^2} \cdot e^{-i(2\pi Dax_2 + \phi)}. \\ &\quad \sqrt{\frac{i}{B\lambda}} e^{-ikL_0} \int u(x_1) e^{-i\frac{\pi}{B\lambda}[Ax_1^2 - 2x_1(x_2 - B\lambda a) + D(x_2 - B\lambda a)]} dx_1 \\ &= e^{iDB\lambda ax^2} \cdot e^{-i(2\pi Dax_2 + \phi)} \cdot g(x_2 - B\lambda a) \end{aligned}$$

【0109】右辺の $g(x_2 - B\lambda a)$ は変調板を挿入していないときの回折像である $g(x_2)$ を $B\lambda a$ だけ移動させたものである。右辺のその他の項は位相だけを変化させる項である。入力像 $u(x_1)$ 空間周波数 a を持った変調板を重ね合せると $B\lambda a$ ずれた位置に現が現われ、空間周波数 a 1と空間周波数 a 2の成分が等しい強度で重なりあった変調板を重ね合せると、 $B\lambda a_1$ 及び $B\lambda a_2$ ずれた位置に2つの像が現われる。これより、いくつかの空間周波数成分を重ね合せてできた位相分布を持つ変調板としての位相ホログラムを光学系に挿入すると、それぞの空間周波数に相当する位置にいくつかの像を作ることができる。像と像との距離を互いにインコヒーレントになる程度に離せば、像の位相は任意の値でも干涉しないので、図25に示したようにレンズ70による集光光学系にこのようなホログラム71を挿入することにより、基板31上に一直線上に並んで複数の照射スポットを形成し、それらの照射スポットを互いに重なりあうように配置することにより、アニールに適

【0105】次にホログラム71によるレーザ光の空間変調の方法について説明する。例えば、文献ジーグマン(A.E.Siegman)「レーザー("LASERS")」に示されるように、ABC D光線行列で表わされる光学系を通して伝播する光の回折像は次のように計算できる。

【0106】

【数1】

【0108】

【数2】

した任意の照射強度分布を作り出すことができる。

【0110】ホログラム71の位相分布パターンは各照射スポット即ち軸写パターンそれぞれの位置に相当する空間周波数を重ね合せて決定される。ホログラム71の位相分布パターンは計算機で計算することによって決定することもできる。ホログラム71は滑らかな位相分布をいくつかの段階に量子化して製作することもできる。この実施例では、ホログラム71は様々な空間周波数を任意の初期位相で重ねあわせるものとしている。このようなホログラム71では、位相を量子化する場合でも、重ねあわせる初期位相をパラメータとして量子化誤差が最小になるように最適化でき、高回折効率、低ノイズのホログラム71をバーニングできる。

【0111】図28はこの実施例による位相ホログラム形式のホログラム71のバーニング方法を説明するための図であり、図28(a)は、複数のセルに分割されたホログラム71の一部における、位相を0度と180度の2段階に量子化して計算機によって算出された位相

分布パターンを拡大して示しており、7 4 は位相 0 度部、7 5 は位相 180 度部である。また、図 2 8 (b) は、ホログラム 7 1 の位相分布パターン全体を示している。このように、ホログラム全体を多数のセルに分割し、それぞれのセルにおいて 2 段階に量子化して重ね合わせる初期位相をパラメータとして量子化誤差が最小になるように最適化して位相を決めていく方法でパターンシグニングしている。レーザ用のホログラムを作成する場合、使用できる材料が限られている。しかしながら、この実施例のように位相を量子化して計算機でパターンを決定すれば、限られた材料であっても実際の製作は比較的容易である。

【0112】図 2 9 はホログラム 7 1 の製作方法を説明するための図であり、7 1 1 は位相シフト膜、7 1 2 は位相シフト部、7 1 3 は屈折率変化部、7 1 4 は位相シフト膜 7 1 1、位相シフト部 7 1 2、又は屈折率変化部 7 1 3 が形成された合成石英等の基板である。図 2 9 (a) は基板 7 1 4 に位相シフト膜 7 1 1 をつけて位相分布を作る方法を示しており、このような位相ホログラムは位相シフト膜 7 1 1 の膜厚によって位相シフト量が決まるが膜厚の制御は比較的容易であるので、位相誤差は小さい。図 2 9 (b) は合成石英等の基板 7 1 4 をエンジンギングし、エッチング溝により位相シフト部 7 1 2 を形成し位相分布を作る方法を示しており、図 2 9 (a) に示したような耐光強度が比較的低い位相シフト膜と基板と間の界面がないので、ホログラムの耐光強度を向上させることができる。図 2 9 (c) は合成石英等の基板 7 1 4 に屈折率変化部 7 1 3 を作ることによって位相シフト部を形成し位相分布を作る方法を示しており、この方法でもやはり界面がなくなるので、ホログラムの耐光強度を向上させることができる。

【0113】以上示したように、この実施例によるレーザアニーリング装置によれば、ホログラムを用いた光学系により、ビームホモジナイザ光学系の欠点を克服することができ、アニーリング加工対象物をアニールに適したレーザ照射強度分布でレーザ照射することができるでの、安定で均一なレーザアニールを実行できる。

【0114】実施例 10、図 3 0 はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置によるアニーリング加工対象物上での照射スポットを示す図である。この実施例によるレーザアニーリング装置の構成は、基本的に図 2 4 に示した実施例 9 によるものと同一である。

【0115】上記実施例 9 によるホログラムによって、線状レーザビームの長手方向は均一な強度分布が得られるが、幅方向の強度分布は單一の照射スポットの強度分布がそのまま反映されるので、レーザアニールにおいて許容される強度を持つ領域は狭い範囲に限られる。このようなレーザビームでアニールを行う場合、薄膜トランジスタ形成部 1 列をこの許容範囲内に収めるためには、

精度の高いアライメントを行うことが必要になることがある。そこで、この実施例によるホログラムは、図 3 0 (a) に示すように、平行な 2 本の直線上にそれぞれ複数の照射スポットを作るように構成されている。

【0116】次に動作について説明する。図 3 0 (a) に示すような照射スポットを生成するプログラムを用いて、図 3 0 (b) に示すようにそれぞれの照射スポットが長手方向に重なりあって線状のビームを形成するとともに、2 本の線状レーザビームも互いに 1 つの照射スポットの強度分布の半価幅程度の重ね合せ距離で重なり合うように調整する。これによって、図 3 1 (a) に示す実施例 9 等によって形成されるアニーリング加工対称物上における 1 つの線状レーザビームの幅方向の強度分布と比べると、図 3 1 (b) に示すように前記重ね合わせ距離で 2 本の線状レーザビームが重なり合い、幅方向についても均一強度分布を持つ範囲が広がっている。これにより、照射位置のアライメント精度を緩和することができ、安定なアニールが可能になる。さらに、多くの平行な線状レーザビームを重ねることにより幅方向の均一強度領域を広げることができ、さらに照射位置のアライメント精度を緩和できる。

【0117】実施例 11、図 3 2 はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図 2 4 に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示している。この実施例によるレーザアニーリング装置の構成は、基本的に図 2 4 に示した実施例 9 によるものと同一である。

【0118】実施例 9 ではホログラム 7 1 はレンズ 7 0 の後方に配置されていたのに対して、この実施例では、ホログラム 7 1 はレンズ 7 0 の前側の焦点位置に配置されている。

【0119】次に動作について説明する。図 3 2 に示したこの実施例によるホログラム 7 1 及びレンズ 7 0 の配置においては、ホログラム 7 1 で分割されたレーザビームそれぞれの主光線がレンズ 7 0 によって元の光軸と平行になる。このため、基板 3 1 に入射する全てのレーザビームの主光線を基板 3 1 に垂直に入射させることができる。基板 3 1 に対して光の入射角度が異なると、基板 3 1 の光反射率や光吸収率が変化してしまい、たとえ照射強度分布が均一であっても、基板 3 1 に吸収される光エネルギーが均一でなくなり、アニールが不均一になることがある。これに対して、図 3 2 に示すような配置をとることにより、基板 3 1 に入射するレーザビームの主光線がすべて同じ角度で入射するため、光入射角の影響がなくなり均一で安定なアニールが可能になる。

【0120】実施例 12、図 3 3 はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図 2 4 に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示し

ており、80は少なくとも線状のビーム形状の長手方向と垂直方向にレーザビームのビーム幅を拡大するための凹面のシリンドリカルレンズである。図33(a)はこの実施例によるレーザアーニーリング装置の平面図を示しており、図33(b)はその側面図を示している。

【0121】上記実施例9から11においては、レーザ発振器から出射されたレーザ光は、そのまま線状のビーム形状に整形されていたため、レーザ発振器からのビーム発散角が大きい場合には、トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅に集光できず、トランジスタ形成部の列間隔を小さくして高精度の液晶ディスプレイを製作することができないという問題点がある。

【0122】この実施例は、このような問題点を解消するためになされたもので、そのために凹面のシリンドリカルレンズ80を具備している。

【0123】次に動作について説明する。レーザ発振器21から出射されたレーザ光は、凹面のシリンドリカルレンズ80、凸レンズ70、ホログラム71と伝搬され線状レーザビームに整形されて、アーニーリング加工対象物である基板31上のトランジスタ形成部に照射されるが、この途中でレーザ光は凹面のシリンドリカルレンズ80により線状レーザビームの長手方向と垂直方向に拡げられる。

【0124】一般に、焦点距離fの凸レンズを用いて光を集光した場合、最小の集光幅 ω_0 は、 $\omega_0 = f \cdot (\alpha \cdot \lambda / D)$ で表される。

【0125】ここで、 λ はレーザ光の波長、Dはレーザ光が凸レンズに入射するときのビームの幅、 α はレーザビームのプロファイルやレーザ発振器21が射出されるレーザ光の発散角で決まる定数である。

【0126】従って、集光幅 ω_0 を小さくするには、凸レンズの焦点距離f、若しくはレーザ光の波長λを小さくする必要がある。又は、凸レンズに入射するときのレーザビームの幅Dを大きくする必要がある。

【0127】しかしながら、焦点距離fを小さくすると、凸レンズの収差が大きくなり、むしろ集光幅が大きくなる。加えて、凸レンズ70と基板31との間隔が近づくことになるため、基板31からの飛散物が凸レンズ70に付着するなどの弊害がある。また、レーザ光の波長を小さくするやレンズ材料の選定が困難となり、レーザ発振器21の安定性が悪くなる。

【0128】凹面のシリンドリカルレンズ80に入射するビーム幅dのレーザ光を凹面のシリンドリカルレンズ80によって、凸レンズ70に入射するときにはビーム幅を拡大してDとすることにより、レーザ発振器のビーム発散角で決まる α が大きくて、 ω_0 の値を小さく抑えることができる。即ち、ビーム発散角の大きなレーザ発振器21でも集光幅を小さくできる。また、同一の α を持つレーザビームを用いる場合は、最小の集光幅 ω_0 を d/D に縮小できることにより、この分だけ微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくすることができる。

【0129】なお、この実施例では、凸レンズ70に入射するビーム幅を大きくするために、凹面のシリンドリカルレンズ80を使用したが、重ね合わせピッチが十分小さい場合、線状レーザビームの長手方向と平行方向にビーム幅を拡大して集光幅が小さくなってしまい均一な線状レーザビームが得られるときは、凹面のシリンドリカルレンズの代わりに通常の凹面レンズを用いても良い。

【0130】実施例13、図34はこの発明の他の実施例によるレーザアーニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図33に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、81は反射ミラー、82は少なくとも線状のビーム形状の長手方向と垂直方向にビーム幅を拡大するための凸面のシリンドリカルミラーである。図34(a)はこの実施例によるレーザアーニーリング装置の平面図を示しており、図34(b)はその側面図を示している。この実施例では、上記実施例12の凹面のシリンドリカルレンズの代わりに凸面のシリンドリカルミラー82を用いる。

【0131】次に動作について説明する。上記したように、入射するレーザ光のビーム幅を大きくすることにより、ビーム発散角の大きなレーザ発振器21でも集光幅を小さくでき、且つ同一の発散角を持つレーザビームを用いる場合は、最小の集光幅を縮小することができ、この分だけ微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくできる。レーザ発振器21から出射されたレーザ光は、反射ミラー81で反射された後、凸面のシリンドリカルミラー82、レンズ70、ホログラム71と伝搬され、線状レーザビームに整形されて、アーニーリング加工対象物である基板31上のトランジスタ形成部に照射されるが、この途中でレーザ光は凸面のシリンドリカルミラー82により線状レーザビームの長手方向と垂直方向に拡げられる。これにより、実施例12と同様に、凹面のシリンドリカルミラー82に入射するビーム幅dのレーザ光を凹面のシリンドリカルミラー82によって、凸レンズ70に入射するときにはビーム幅を拡大してDとすることにより、ビーム発散角で決まる α が大きくて、 ω_0 の値を小さく抑えることができる。即ち、ビーム発散角の大きなレーザ発振器21でも集光幅を小さくできる。また、同一の α を持つレーザビームを用いる場合は、最小の集光幅 ω_0 を d/D に縮小できることにより、この分だけ微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくすることができる。

【0132】実施例14、図35はこの発明の他の実施例によるレーザアーニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図33に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、83は少なくとも線状のビーム形状の長手方向

と垂直方向にビーム幅を拡大するための凹面のシリンドリカルレンズ及び凸面のシリンドリカルレンズ、又は凸面のシリンドリカルミラー及び凹面のシリンドリカルミラーから成るビームエキスパンダーである。図 3 5

(a) はこの実施例によるレーザアニーリング装置の平面図を示しており、図 3 5 (b) はその側面図を示している。この実施例では、実施例 1 2 の凹面のシリンドリカルレンズの代わりに線状のビーム形状の長手方向と垂直方向にビーム幅を拡大するための凹面のシリンドリカルレンズ及び凸面のシリンドリカルレンズから成るビームエキスパンダー 8 3 を用いる。

【0133】次に動作について説明する。レーザ発振器 2 1 から出射されたレーザ光は、ビームエキスパンダー 8 3、レンズ 7 0、ホログラム 7 1 と伝搬され、線状レーザビームに整形されて、アニーリング加工対象物である基板 3 1 上のトランジスタ形成部に照射されるが、この途中でレーザ光はビームエキスパンダー 8 3 により線状レーザビームの長手方向と垂直方向に拡げられ、実施例 1 2 と同様に、ビームエキスパンダー 8 3 に入射するビーム幅 d のレーザ光をビームエキスパンダー 8 3 によって、凸レンズ 7 0 に入射するときにはビーム幅を拡大して D とすることにより、ビーム発散角で決まる α が大きくなる。即ち、ビーム発散角の大きなレーザ発振器 2 1 でも集光幅を小さくできる。また、同一の α を持つレーザビームを用いる場合は、最小の集光幅 w_0 を d/D に縮小することができ、この分だけ微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくすることができる。また、この実施例では、レーザ光がレンズ 7 0 に入射する際、ビーム幅の広い平行ビームとなっているので、実施例 1 2 の凹面のシリンドリカルレンズを用いた場合のように、凹面のシリンドリカルレンズ 8 0 とレンズ 7 0 との距離により入射ビーム幅が変化することなく、安定した集光幅でトランジスタ形成部に照射することができる。

【0134】実施例 1 5、図 3 6 はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図 3 3 に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、8 4 は少なくとも線状のビーム形状の長手方向と垂直方向に不安定型共振器を組むためのミラー対である。図 3 3 (a) はこの実施例によるレーザアニーリング装置の平面図を示しており、図 3 6 (b) はその側面図を示している。

【0135】上記した実施例 9 等においては、レーザ発振器からのビーム発散角が大きい場合には、レーザ発振器から出射されたレーザ光を線状のビーム形状に整形してもトランジスタ形成部の列間隔より小さい幅に集光できず、またトランジスタ形成部の列間隔を小さくして高精細の液晶ディスプレイを製作することができないという問題点がある。この実施例によるレーザアニーリング

装置は、かかる問題点を解消するために線状のビーム形状の長手方向と垂直方向のビーム発散角を低減する不安定型共振器 8 4 を備えている。

【0136】次に動作について説明する。不安定型共振器 8 4 を具備したレーザ発振器 2 1 から出射されたレーザ光は、レンズ 7 0、ホログラム 7 1 と伝搬され、線状レーザビームに整形されて、アニーリング加工対象物である基板 3 1 上のトランジスタ形成部に照射される。

【0137】既に述べたように、一般に、焦点距離 f の凸レンズを用いて光を集光した場合、最小の集光幅 w_0 は、

$$w_0 = f \cdot (\alpha \cdot \lambda / D)$$

で表される。

【0138】ここで、 λ はレーザ光の波長、D はレーザ光が凸レンズに入射するときのビームの幅、 α はレーザビームのプロファイルやレーザ発振器 2 1 から出射されるレーザ光の発散角で決まる定数である。

【0139】集光幅 w_0 を小さくするには、凸レンズの焦点距離 f、レーザ光の波長 λ を小さくするか、若しくは凸レンズに入射するときのレーザビームの幅 D を大きくするか、又は、焦点距離 f、レーザ光の波長 λ 、凸レンズに入射するときのレーザビームの幅 D が変わらないとすれば、ビーム発散角を小さくする必要がある。

【0140】実施例 9 等によるレーザアニーリング装置では、線状レーザビームの集光幅をできるだけ小さくするため、通常のレーザ発振器では発散角が小さいとされる、電極方向と垂直な方向のビームを線状レーザビームの幅方向となるように構成することが多い。しかしながら、不安定型共振器を用いた場合にはこの方向の発散角の小ささにも限界があるため、集光幅を十分小さくできない。

【0141】この実施例によるレーザアニーリング装置は、電極方向と垂直な方向においてレーザビームのビーム発散角を抑えるような不安定型共振器 8 4 を備え、且つ線状のビーム形状の長手方向と垂直方向を電極方向と垂直方向となるようにしている。これによって、不安定型共振器 8 4 から出射されるビームの発散角は、安定型共振器から出射されるビームの発散角に比べ十分小さいため、集光幅がその分小さくなり、微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくできる。

【0142】実施例 1 6、図 3 7 はこの発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現する装置の構成を示すブロック図であり、図において、図 3 3 に示す参照符号と同一の符号は同一又は相当する構成要素を示しており、8 5 はレーザ光軸に対して軸対称に不安定型共振器を組むためのミラー対である。図 3 7 (a) はこの実施例によるレーザアニーリング装置の平面図を示しており、図 3 7 (b) はその側面図を示している。

【0143】上記実施例 1 5 では、電極方向と垂直な方向のレーザビームのビーム発散角を減少させるために不

安定型共振器を構成したが、この実施例によるレーザアニーリング装置は、軸対称な不安定型共振器85を具備している。

【0144】次に動作について説明する。軸対称な不安定型共振器85が組み込まれたレーザ発振器21から出射されたレーザ光は、レンズ70、ホログラム71と伝搬され、線状レーザビームに整形されて、アニーリング加工対象物である基板31上のトランジスタ形成部に照射される。重ね合わせピッチが十分小さい場合は、線状レーザビームの長手方向と平行方向に対するビーム発散角を小さくしても均一な線状レーザビームが得られるときは、このような両者の方向に不安定共振器となる軸対称の不安定型共振器85を用いることにより、微細なトランジスタ形成部の列幅を小さくできる。

【0145】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明によれば、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であってその長手方向においてアモルファスシリコン膜上の被ボリシリコン化部の綫方向及び横方向のいずれか一方の長さよりも長い長さを有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップと、線状レーザビームを該レーザビームの幅方向に被ボリシリコン化部を相対的に移動させて照射し、被ボリシリコン化部の全域を照射する照射ステップとを含むように構成したので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを掃引することによる再結晶化部の波紋状の不均一性がなく、照射部長手方向全域にわたって均一なボリシリコン結晶を得ることができる効果がある。

【0146】請求項2の発明によれば、レーザ発振器から放射されたレーザビームのビーム断面形状を整形して、ビーム断面形状が長方形状であってその長手方向においてボリシリコン化により基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する線状レーザビームを生成する線状ビーム生成ステップと、線状レーザビームを用いて薄膜トランジスタ形成部の一列分を一括照射する照射ステップとを含むように構成したので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを掃引することによる再結晶化部の波紋状の不均一性がなく、薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅を有する。

【0147】請求項3の発明によれば、線状ビーム生成ステップにおいて、長手方向において基板上に形成される薄膜トランジスタ形成部の1列分よりも長い長さを有し、幅方向において薄膜トランジスタ形成部の幅より広く、且つ薄膜トランジスタ形成部の列間隔より小さい幅

を有する線状レーザビームを複数生成し、照射ステップにおいて、複数の線状レーザビームを使用して薄膜トランジスタ形成部の複数列分を一括照射するように構成したので、レーザビームの重ね合わせ部に見られるような結晶の不均一性や、連続発振のレーザビームを走査することによる再結晶化部の波紋状の不均一性がなく、照射部長手方向全域にわたって均一なボリシリコン結晶が得られる上に加工速度を向上することができる効果がある。

【0148】請求項4の発明によれば、基板上に照射される線状レーザビームのパルス幅が50ns以上であるよう構成したので、アモルファスシリコン膜を線状レーザビームにて十分加熱することにより溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができ、粒塊が大きく電子移動度の高い良質のボリシリコン結晶を得ることができる効果がある。

【0149】請求項5の発明によれば、50ns以上のパルス幅のレーザビームを生成するために、レーザ発振器から放射されたレーザビームを複数のレーザビームに分割し、該複数のレーザビームのうちの少なくとも1つのレーザビームを他のレーザビームに対して遮断させ、複数のレーザビームを重疊して基板上に照射する光学的遮断ステップをさらに含むように構成したので、アモルファスシリコン膜を線状レーザビームにて十分加熱することにより溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができ、粒塊が大きく電子移動度の高い良質のボリシリコン結晶を得ることができる効果がある。

【0150】請求項6の発明によれば、レーザ発振器が、レーザ媒質としてのレーザガス中において相対して設けられた第1及び第2の主電極と、第1及び第2の主電極に並列に接続されたスパイカコンデンサと、第1及び第2の主電極にスイッチング素子を介して並列に接続されたスステイナコンデンサと、スパイカコンデンサを充電するスパイカ充電用電源と、スステイナ充電用電源とを具備するように構成したので、アモルファスシリコン膜を線状レーザビームにて十分加熱することにより溶融後結晶化が進む部分の時間を長くすることができ、粒塊が大きく電子移動度の高い良質のボリシリコン結晶を得ることができる効果がある。

【0151】請求項7の発明によれば、アニール用のレーザ発振器とは別に設けられた他のレーザ発振器を使用して、アモルファスシリコン膜又は基板を補助加熱する補助加熱ステップをさらに含んでおり、補助加熱用の他のレーザ発振器から放射されたレーザビームは、長手方向においてアニール用レーザビームの長さよりも大きな長さを有し、且つ幅方向においてアニール用レーザビームの幅よりも大きな幅を有しており、更に、アニール用レーザビームのパルス時間幅よりも長いパルス状のレーザビームか又は定常発振のレーザビームであり、補助加熱ス

テップにおいて同一の被ポリシリコン化部に対しアニール用及び補助加熱用レーザビームを同時に一括照射し、且つ補助加熱用レーザビームの照射中にアニール用レーザビームの照射が完了するように構成したので、補助加熱する領域をポリシリコン化する部位の周囲のみに限定することができ、不必要的領域での熱の消費を防ぐことができる効果がある。また、アモルファスシリコン膜を形成した基板の保持機構の構成において熱の影響を考慮する必要がないので、簡易な機構で基板を保持することができる効果がある。さらに、補助加熱によりアモルファスシリコン膜又は基板自体の光吸収により温度が上昇するので、瞬時にポリシリコン化領域の加熱を行うことができる効果がある。また、補助加熱用レーザビームの照射領域が、アニール用レーザビームの照射領域を覆うようビーム形状、照射位置を設定しているため、アニール用レーザビームの照射位置と補助加熱用レーザビームの照射位置とのズレをある程度許容することができる効果がある。

【0152】請求項8の発明によれば、線状ビーム生成ステップにおいて、レーザ発振器から放射されたレーザビームを線状に整形すべく、遠視野で複数の点を少なくとも1つの直線上に任意の位相で結像するフーリエ変換型位相ホログラムを用いるように構成したので、長手方向に均一な光強度分布を有する線状レーザビームを生成し、安定で均一なアニールを行うことができる効果がある。

【0153】請求項9の発明によれば、遠視野で複数の点を互いに平行な複数の直線上にそれぞれ任意の位相で結像する位相ホログラムを用いるように構成したので、より均一な光強度分布を有する線状レーザビームを生成し、安定で均一なアニールを行うことができる効果がある。

【0154】請求項10の発明によれば、フーリエ変換型位相ホログラムによって結像される複数の点に相当する複数のビームがアモルファスシリコン膜に対して実質的に垂直に入射すべくフーリエ変換型位相ホログラムの後方にレンズの前側の焦点位置にフーリエ変換型位相ホログラムが配置されるように構成したので、安定で均一なアニールを行うことができる効果がある。

【0155】請求項11の発明によれば、線状ビーム生成ステップにおいて線状レーザビームを生成する前に、少なくとも1つの線状のレーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向にビーム幅を拡大するステップをさらに含むように構成したので、線状レーザビームの幅を細くするに伴いトランジスタ形成部の列間隔を小さくできるので、高精細の液晶ディスプレイを製作できる効果がある。

【0156】請求項12の発明によれば、レーザ発振器が、少なくとも1つの線状レーザビームの幅方向に相当するレーザビームの一断面方向に関するビーム発散角を低減す

るための不安定型共振器を具備するように構成したので、線状レーザビームの幅を細くするのに伴いトランジスタ形成部の列間隔を小さくできるので、高精細の液晶ディスプレイを製作できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜が形成された基板の平面図及び線状レーザビームの長手方向の強度分布を示す図である。

【図2】 図2はこの発明の一実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図3】 図2に示したレーザアニーリング装置に使用されるビームホモジナイザの一例の構成を示す構成図である。

【図4】 図2に示したレーザアニーリング装置に使用されるビームホモジナイザの他の例の構成を示す構成図である。

【図5】 図2に示したレーザアニーリング装置により結晶化されたポリシリコン層を示す平面図である。

【図6】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜が形成された基板の平面図である。

【図7】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜が形成された基板の平面図である。

【図8】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜が形成された基板の平面図である。

【図9】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図10】 図9に示したレーザアニーリング装置に用いられたエキシマレーザの発振波形を示す図である。

【図11】 図9に示したレーザアニーリング装置を用いた場合の加工対象物表面の温度変化を示す図である。

【図12】 レーザアニーリング装置のレーザ発振器のレーザパルス幅と製作されるポリシリコン結晶の電子移動度との関係を示すグラフである。

【図13】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図14】 図13に示したレーザアニーリング装置に用いられたエキシマレーザの発振波形を示す図である。

【図15】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を

示すブロック図である。

【図 16】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 17】 図 16 に示したレーザアニーリング装置に使用されるスパイカ・サステイナ方式エキシマレーザの励起回路構成を示す回路図である。

【図 18】 図 16 に示したレーザアニーリング装置に使用されたスパイカ・サステイナ方式エキシマレーザの発振波形を示す図である。

【図 19】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 20】 図 19 に示した実施例に係るレーザアニーリング方法の第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光のアモルファスシリコン膜上の照射領域を示す図である。

【図 21】 図 19 に示した実施例に係るレーザアニーリング方法の第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光の光強度の時間変化を示す図である。

【図 22】 図 19 に示した実施例に係るレーザアニーリング方法、及び従来のレーザアニーリング方法におけるレーザアニール時のアモルファスシリコン表面の温度変化を示す図である。

【図 23】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 24】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 25】 図 24 に示したレーザアニーリング装置におけるビーム整形光学系の構成を示すブロック図である。

【図 26】 図 24 に示したレーザアニーリング装置のビーム整形光学系により生成される複数の照射スポットを示す図である。

【図 27】 図 24 に示したレーザアニーリング装置のビーム整形光学系により生成される複数の照射スポットの強度分布を示す図である。

【図 28】 図 24 に示したレーザアニーリング装置のビーム整形光学系に使用される位相ホログラムのパターンを示す図である。

【図 29】 図 24 に示したレーザアニーリング装置のビーム整形光学系に使用される位相ホログラムの製作方法を示す図である。

【図 30】 この発明の他の実施例によるレーザアニ

リング方法を実現するレーザアニーリング装置に使用されるビーム整形光学系により生成される複数の照射スポットを示す図である。

【図 31】 図 30 に示したレーザアニーリング装置のビーム整形光学系により生成される線状ビームの幅方向の複数の照射スポットの強度分布を示す図である。

【図 32】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 33】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示す平面図及び側面図である。

【図 34】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示す平面図及び側面図である。

【図 35】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示す平面図及び側面図である。

【図 36】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示す平面図及び側面図である。

【図 37】 この発明の他の実施例によるレーザアニーリング方法を実現するレーザアニーリング装置の構成を示す平面図及び側面図である。

【図 38】 従来のレーザアニーリング方法を説明するためのアニーリング加工対象物であるアモルファスシリコン膜が形成された基板の平面図である。

【図 39】 従来のレーザアニーリング方法を用いた場合の照射結果を示す結晶化されたポリシリコン層の平面図である。

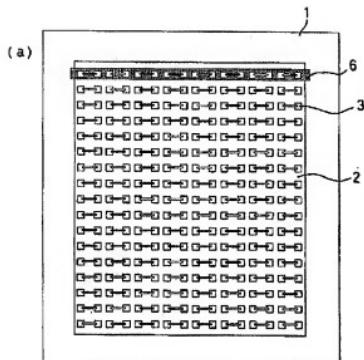
【図 40】 従来のレーザアニーリング装置の構成を示すブロック図である。

【図 41】 従来のレーザアニーリング装置に用いられたエキシマレーザの発振波形を示す図である。

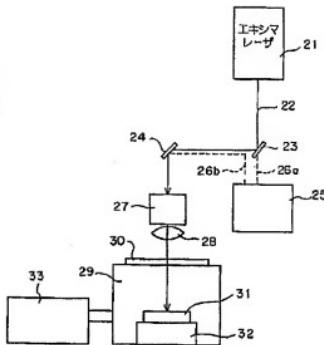
【符号の説明】

2 1, 3 7 レーザ発振器、2 8, 7 0 レンズ、3 1 基板（又はアニーリング加工対象物）、3 1 a アモルファスシリコン膜、3 1 b 基板、4 1 第一の主電極、4 2 第二の主電極、4 4 スパイカコンデンサ、4 5 スパイカ充電用電源、4 6 サステイナコンデンサ、4 7 サステイナ充電用電源、5 1 磁気飽和スイッチ（スイッピング素子）、7 1 ホログラム（フーリエ変換型位相ホログラム）、8 4, 8 5 不安定型共振器。

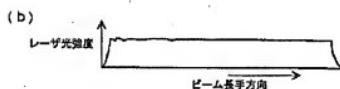
【図1】



【図2】

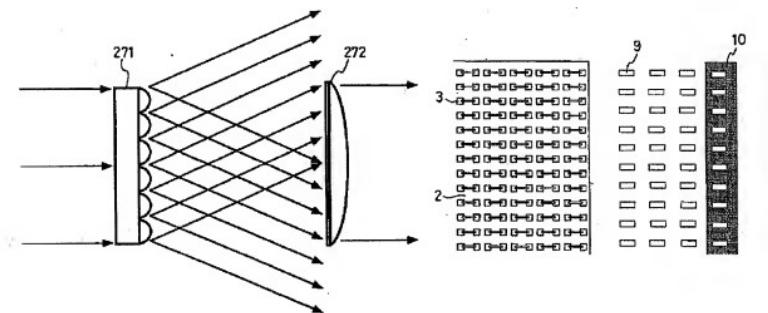


- 21: レーザ発振器
- 27: ビームホモナイザ
- 28: レンズ
- 31: 基板(又はアニーリング加工対象物)
- 32: 台

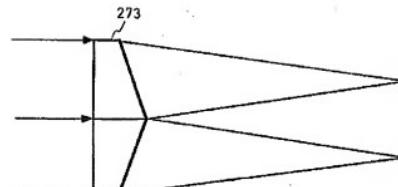


【図6】

【図3】

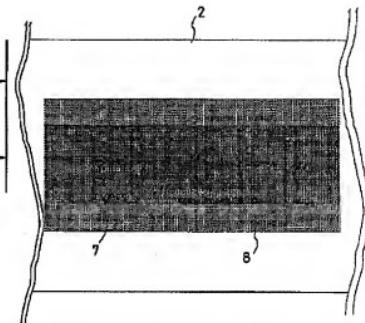


【図4】

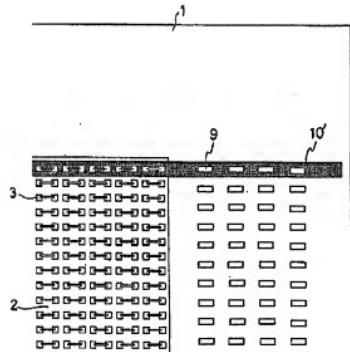


【図7】

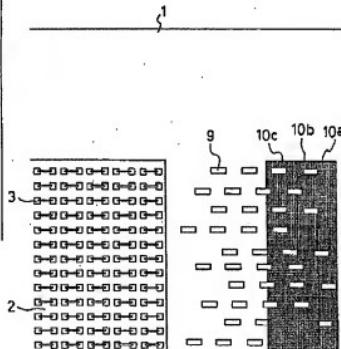
【図5】



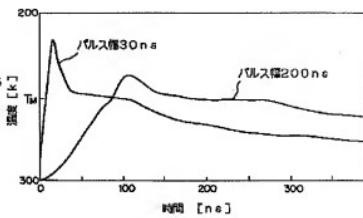
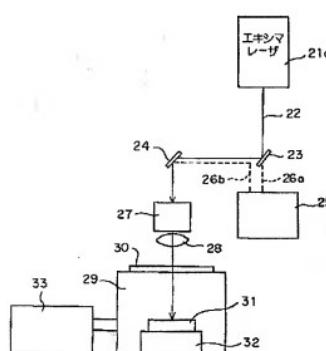
【図8】



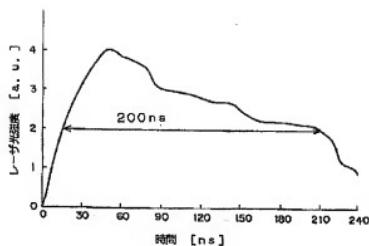
【図9】



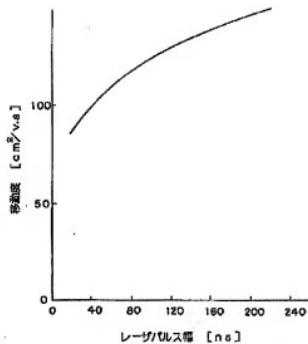
【図11】



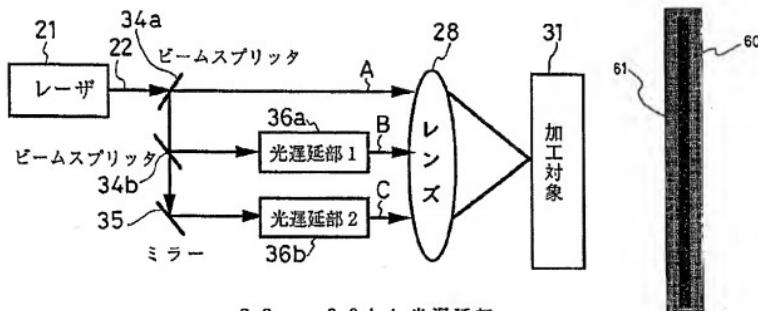
【図10】



【図12】



【図13】

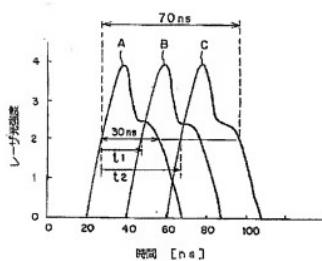


36a, 36b : 光遅延部

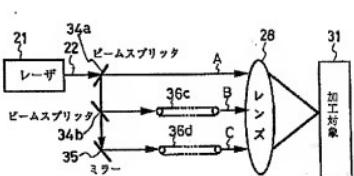
【図20】



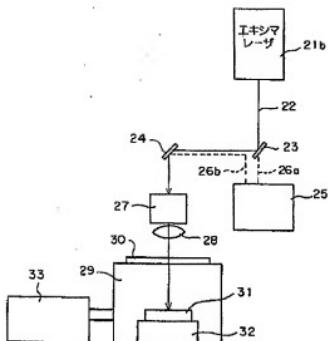
【図14】



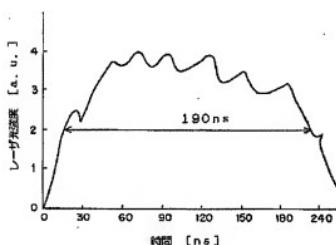
【図15】



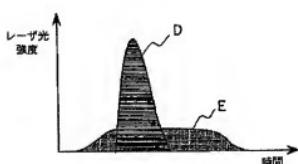
【図16】



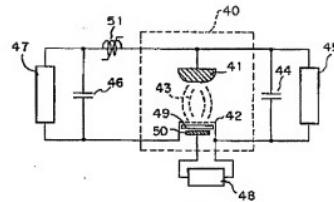
【図18】



【図21】

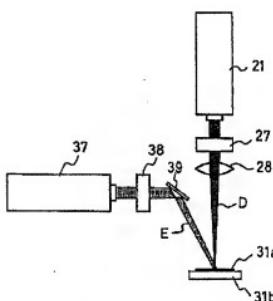


【図17】



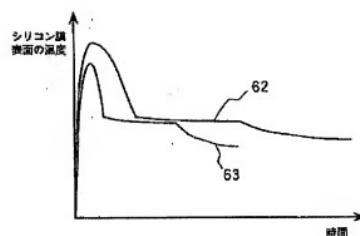
- 4 1 : 第一の主電源
- 4 2 : 第二の主電源
- 4 4 : スパイクカッティングサ
- 4 5 : スパイク充電用電源
- 4 6 : サステイナカッティングサ
- 4 7 : サステイナ充電用電源
- 5 1 : 逆気流和スイッチ (スイッチング素子)

【図19】

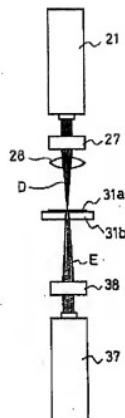


- 3 1 a : アモルファスシリコン基板
- 3 1 b : 基板
- 3 7 : レーザ発振器

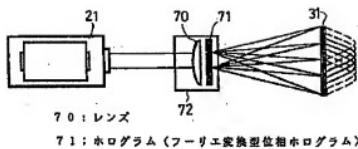
【図22】



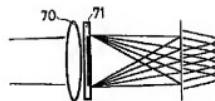
【図23】



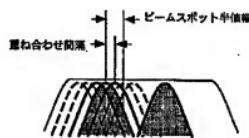
【図24】



【図25】

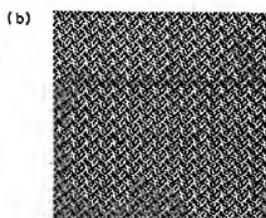
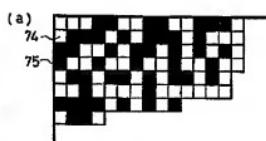
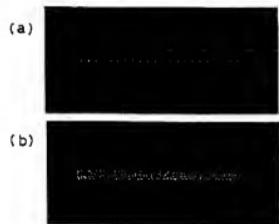


【図27】



【図28】

【図26】



【図31】

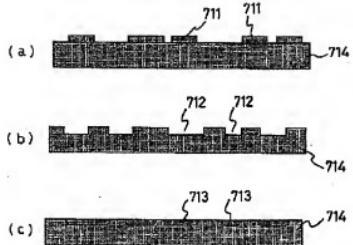
(a)



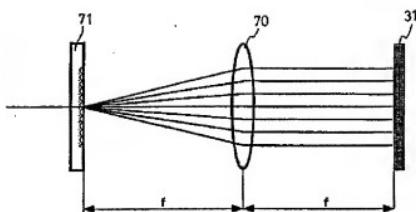
(b)



【図29】

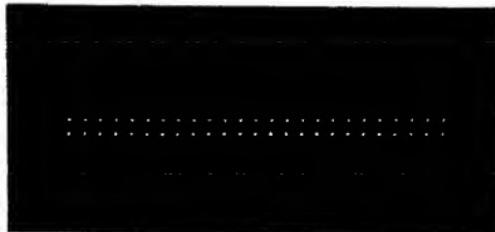


【図32】

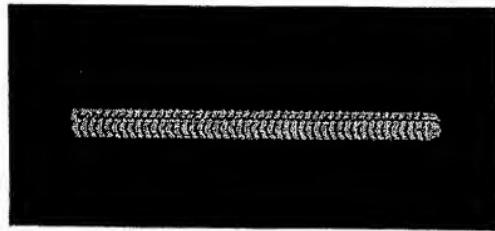


【図30】

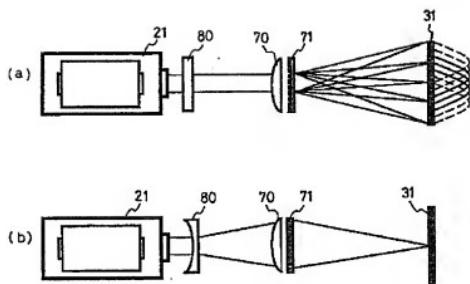
(a)



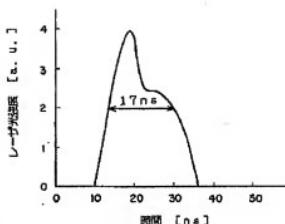
(b)



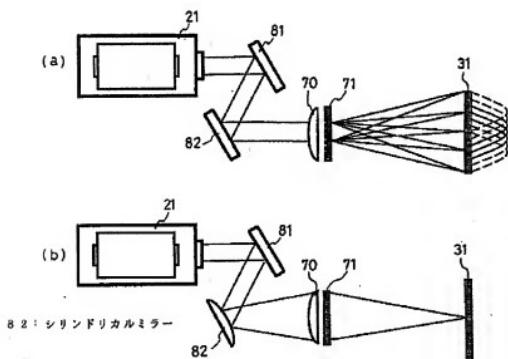
【図33】



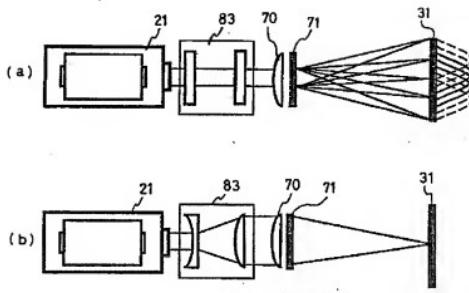
【図40】



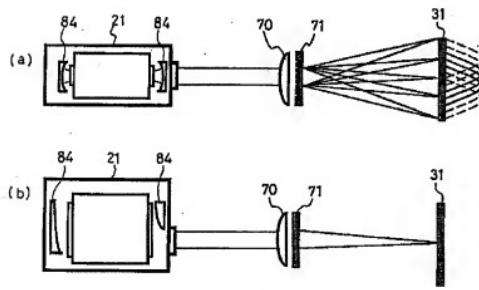
【図34】



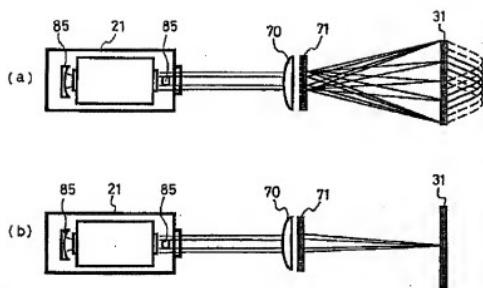
【図35】



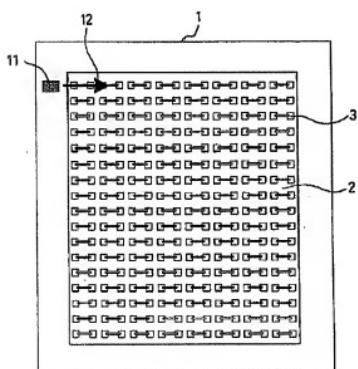
【図36】



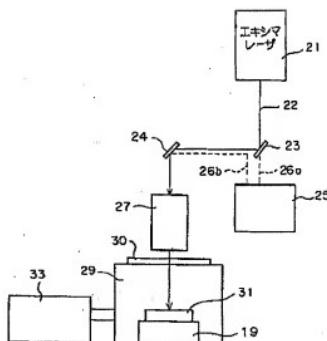
【図37】



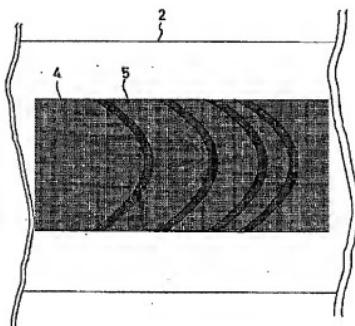
【図38】



【図39】



【図41】



フロントページの続き

- (72)発明者 井上 淳夫
尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社中央研究所内
- (72)発明者 奉田 健雄
尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社中央研究所内
- (72)発明者 八木 直典
尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社中央研究所内
- (72)発明者 後藤 令幸
尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社材料デバイス研究所内
- (72)発明者 吉田 和夫
尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社生産技術センター内